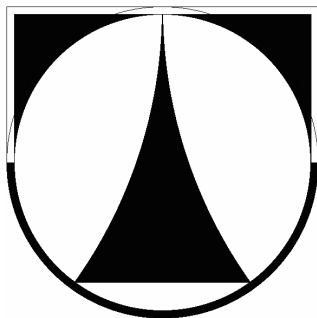


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

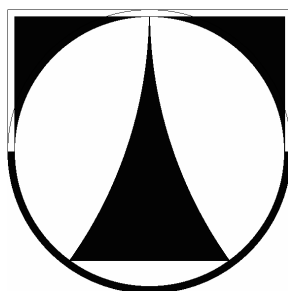


DIPLOMOVÁ PRÁCE

2006

Alžběta Saláková

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Řízení opalovací jednotky stroje „PAREX-MATHER“

The Regulation of Singeing Module of “PAREX-MATHER”
Machine

2006

Alžběta Saláková

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Katedra elektrotechniky

Studijní obor: Oděvní technologie 3106T005

Zaměření: Řízení technologických procesů

Řízení opalovací jednotky stroje „Parex-Mather“

The Regulation of Singeing Module of “PAREX-MATHER”
Machine

Alžběta Saláková

Vedoucí diplomové práce: Doc.Ing. Pavel Rydlo, Ph.D.

Konzultant: Ing. Pavel Smutný

Rozsah práce:

Počet stran: 59

Počet obrázků: 32

Počet tabulek: 4

Počet příloh: 5 +1 CD-ROM

V Liberci 15. května 2006

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po její obhajobě.

V Liberci, dne 15. května 2006

...

.....

Alžběta Saláková

Poděkování

Děkuji svým rodičům za veškerou podporu, kterou mi během studia věnovali, svému bratrovi Martinovi za pomoc, čas a ochotu. Bobovi děkuji za lásku a oporu a Hance za humor a regeneraci, bez níž bych se při vypracovávání této práce neobešla. Dále děkuji Zedovi za pomoc a poskytnutí literatury.

Mé poděkování patří také konzultantovi Ing. Pavlovi Smutnému za pomoc a poskytnutí potřebných dokumentů. V neposlední řadě děkuji vedoucímu mé diplomové práce Doc. Ing. Pavlovi Rydlovi Ph.D. za skvělý přístup, věnovaný čas a příkladné vedení.

Anotace

Práce zkoumá vliv vstupních proměnných parametrů opalovací jednotky stroje Parex-Mather na výstupní délku odstávajících vláken u bavlněných tkanin. Cílem je zjištění optimálního nastavení rychlosti a intenzity plamene při známé plošné hmotnosti textilie pro dosažení hodnoty délky vláken po opálení 0,4 mm.

Zásadním úkolem je nalézt metodiku nalezení funkce, která reprezentuje závislosti vstupních parametrů na výstupní délce odstávajících vláken. Zároveň je také nutné zjistit, které ze vstupních faktorů, či jejich vzájemných interakcí, ovlivňují výstup významně a které je možno při sestavování matematického modelu zanedbat.

Dále práce navrhuje řešení automatické regulace intenzity plamene, které bylo realizováno v prostředí MATLAB – SIMULINK a jehož funkčnost byla ověřena v graficky.

Klíčová slova: opalování (požehování), opalovací stroj, metoda faktorových pokusů, délka odstávajících vláken, regulace, Parex-Mather, Matlab, Simulink

Annotation

The diploma work Regulation of Singeing Module of Parex-Mather Machine analyses the impact of input variable parameters of singeing machine Parex-Mather upon the length of outstanding fibers of cotton fabrics. The desired outcome is to optimise the speed and flame rates for the tabulated surface weight of fabric to reach a 0.4 mm length of singed fibers.

The major task is to find a procedure to retrieve a function representing a dependence of input parameters on an output length of outstanding cotton fibers. Moreover, it is important to determine which input factors or their mutual interactions pose the eminent influence and which ones are insignificant and therefore may be omitted when obtaining the mathematical model.

This diploma work also projects an analysis of automatic regulation of flame rate performed at MATLAB SIMULINK and verified in graphic charts.

Key words: singeing, singeing machine, methods of factor tests, length of outstanding fibers, regulation, Parex-Mather, Matlab, Simulink

OBSAH:

ÚVOD	- 10 -
CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	- 10 -
1. TEORETICKÁ ČÁST	- 11 -
1.1 ZUŠLECHŤOVÁNÍ TEXTILÍ	- 11 -
1.2 PŘEDÚPRAVA TEXTILÍ	- 12 -
1.3 TEORIE POŽEHOVÁNÍ.....	- 13 -
1.3.1 Obecně	- 13 -
1.3.2 Princip požehování	- 13 -
1.3.3 Požehovací stroje	- 14 -
2. PLYNOVÝ POŽEHOVACÍ A ODŠLICHTOVACÍ STROJ PAREX-MATHER	- 20 -
2.1 DVOUVÁLCOVÁ KARTÁČOVACÍ JEDNOTKA	- 21 -
2.2 PLYNOVÁ POŽEHOVACÍ JEDNOTKA MK.10C	- 21 -
2.3 DVOUVÁLCOVÁ KLEPACÍ JEDNOTKA	- 23 -
2.4 IMPREGNAČNÍ JEDNOTKA	- 23 -
2.5 ŽDÍMACÍ JEDNOTKA (FOULARD)	- 24 -
2.6 ROTAČNÍ NAVÍJEČ	- 25 -
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	- 26 -
3.1 MĚŘENÍ DÉLKY ODSTÁVAJÍCÍCH VLÁKEN	- 26 -
3.2 ZOBRAZENÍ ZÁVISLOSTÍ VSTUPNÍCH PARAMETRŮ NA VÝSTUPNÍ DÉLCE VLÁKEN.....	- 27 -
3.3 METODIKA NALEZENÍ FUNKČNÍ ZÁVISLOSTI.....	- 32 -
3.3.1 Plán faktorových pokusů typu 2^n	- 32 -
3.3.2 Efekt faktoru.....	- 34 -
3.3.3 Testování statistické významnosti vlivu vstupních faktorů	- 35 -
3.3.4 Konstrukce matematického modelu.....	- 37 -
3.3.5 Testování kvality modelu.....	- 39 -
3.3.6 Grafické zobrazení funkční závislosti.....	- 41 -
3.4 NÁVRH AUTOMATICKÉ REGULACE INTENZITY PLAMENE	- 51 -
4. DISKUSE VÝSLEDKŮ	- 55 -
4.1 ZJIŠTĚNÍ OPTIMÁLNÍHO NASTAVENÍ VSTUPNÍCH PARAMETRŮ	- 55 -
4.1.1 Efekt faktoru.....	- 55 -
4.1.2 Selektce statisticky nevýznamných členů.....	- 55 -
4.1.3 Získání matematického modelu závislosti vstupních proměnných na výstupu	- 56 -
5. ZÁVĚR.....	- 57 -
6. PŘÍLOHY	

Seznam použitých zkratk a symbolů

označení	- význam	poznámka	rozměr
3D	- třídimenzionální		
α	- hladina významnosti		
A	- rychlost posuvu tkaniny	<i>pomocné označení</i>	[m/min]
a, b, c, ab, ac, bc, abc	- označení vstupních veličin a jejich interakcí	<i>pomocné označení</i>	
A.C.	- střídavý proud		
B	- intenzita plamene (procento otevření ventilů přívodního plynového potrubí)	<i>pomocné označení</i>	[%]
β	- konstanta		[1]
b	- odhad konstanty β		[1]
C	- plošná hmotnost	<i>pomocné označení</i>	[g/m ²]
CCD	- snímací zařízení obrazu		
Δ	- teoretická přesnost měření		[mm]
d	- počet měřených vzorků		[1]
$\frac{dy(t)}{dt}$	- časová derivace y		
$F_{1-\alpha}$	- testová charakteristika na zvolené hladině významnosti		
\bar{F}	- testová charakteristika modelu		
K	- konstanta (zesílení)		[1]
l_0, l	- délka vláken před opálením, po opálení		[mm]
n	- počet vstupních parametrů, počet měření		[1]
R, R_i	- součet hodnot, naměřených při jednom nastavení stroje, i – tém nastavení		[mm]
r	- počet opakování měření		[1]
$S_A, S_B, S_C, S_{AB}, S_{BC}, S_{AC}, S_{ABC}, S_i$	- rozptyly hodnot jednotlivých faktorů a jejich interakcí, i – tého faktoru		[1]
S_r	- reziduální rozptyl		[1]
S	- rozptyl celé funkce		[1]
s	- Laplaceova transformace - derivace		[1]
T_1	- časová konstanta, dopravní zpoždění		[s]

označení	- význam	poznámka	rozměr
σ^2	- odhad rozptylu základního souboru		
t	- čas		[s]
v	- rychlost posuvu tkaniny		[m/min]
v	- počet stupňů volnosti		[1]
X	- intenzita plamene (procento otevření ventilů přívodního plynového potrubí)		[%]
x	- pomocná proměnná		[1]
Y	- délka spálených vláken		[mm]
y	- naměřená hodnota délky vláken po opálení		[mm]
\bar{y}	- průměrná délka vláken po opálení při jednom nastavení stroje		[mm]
\tilde{Y}	- výstupní hodnota obecného matematického modelu		
$Z_A, Z_B, Z_C, Z_{AB}, Z_{BC}, Z_{AC}, Z_{ABC}$	- efekty faktorů a jejich interakcí		[1]

Úvod

Cíl diplomové práce

Úkolem práce je zjistit optimální nastavení vstupních parametrů opalovací jednotky MK.10C opalovacího stroje Parex-Mather pro podnik Slezan Frýdek-Místek a.s. závod 03 Frýdlant v Čechách. Nastavení se týká výšky plamene hořáků a rychlosti průchodu tkaniny strojem v závislosti na plošné hmotnosti textilie. Stroj je třeba seřídit pro konstantní hodnotu délky odstávajících vláken po opálení. Skutečná délka odstávajících vláken bude měřena přístrojem T690 firmy Zweigle, který vyhodnocuje délku odstávajících vláken pomocí optického snímače. Pro naměřené hodnoty bude třeba nalézt metodiku jejich zpracování a sestavit matematický model.

Matematický model bude předpokládat lineární závislost vstupních parametrů na výstupní hodnotu délky vláken. Dále bude ověřen vliv jednotlivých parametrů a jejich vzájemných interakcí, na výstupní veličinu. Bude také vhodné přesvědčit se, zda plošná hmotnost ovlivňuje výstupní délku vláken významně, či bude možno tuto vstupní proměnnou zanedbat.

Získaná funkce bude též využita pro grafické zobrazení vzájemných závislostí jednotlivých vstupních faktorů systému.

Poslední část této práce se bude zabývat návrhem automatické regulace opalovací jednotky za použití optických snímačů na vstupu opalovací jednotky a výstupu klepací jednotky opalovacího stroje. Návrh realizace simulačního modelu bude pro lepší představu demonstrován prostřednictvím softwarového nástroje MATLAB - SIMULINK. Funkčnost prověřovaného modelu bude následně graficky ověřena zobrazením jeho dynamického chování.

1. Teoretická část

1.1 *Zušlechťování textilií*

^[1] Zušlechťování – jak již název napovídá - je proces, díky němuž se textilie stává ušlechtlejší. V podstatě to znamená, že u textilie docílíme takových mechanicko-fyzikálních a chemických vlastností, které zpravidla vlákna nebo plošné textilie v nezušlechtěném stavu neměly. Zušlechťováním se tedy zvyšuje užitná hodnota a konkurenceschopnost textilních produktů. Na výstupu těchto technologických operací získáváme u textilií například žádané vybarvení, barevný grafický motiv, lesk, pevnost, pružnost, povrchový vzhled, omak, tepelně izolační vlastnosti, nemačkavost, vodoodpudivost, rozměrovou stabilitu (nesrážlivost), odolnost vůči mikroorganismům a dalším škůdcům, nehořlavost apod.

Z hlediska druhu působení na textilií můžeme rozdělit technologii zušlechťování na chemickou a mechanickou, přičemž na většině zušlechťovacích procesů se podílí obě technologie. Dále můžeme proces rozdělit na úpravu za sucha, tj. bez použití lázně, a za mokra, kam spadá většina chemicko-technologických postupů.

Úpravy textilií dále rozděluje podle těchto hledisek:

1) **druh použité vlákenné suroviny**

- a) z přírodních vláken
 - i) rostlinného původu – bavlna, len
 - ii) živočišného původu - vlna
- b) z chemických vláken
 - i) z regenerované celulózy (z přírodních polymerů) – viskoza, acetát
 - ii) z plně syntetických vláken (ze syntetických polymerů) – polyester, polyamid, polypropylen, polyuretan

2) forma upravovaného materiálu

- a) materiál ve vložce
- b) česance, příze v přadenech, na potáčích, cívkách, osnovních válech apod.
- c) příze v přadenech, na potáčích, cívkách, osnovních válech apod.
- d) tkaniny, pleteniny v provazci a v plné šíři
- e) vlasové tkaniny, krajky, stuhy, koberce, plsti a netkané textilie
- f) hotové výrobky, zejména klobouky, punčochy apod.

Zušlechťovací postup zpravidla obsahuje tyto podprocesy:

- 1) předúprava
- 2) barvení
- 3) potiskování
- 4) úprava po tisku
- 5) finální a speciální úpravy

Samostatným a zároveň společným oborem je sušení, které můžeme zaznamenat v předúpravě, barvení, textilním tisku i konečných úpravách.

1.2 Předúprava textilií

Předúprava textilií je nedílnou součástí procesu zušlechťování. Provádí se tehdy, pokud daný zušlechťovací proces vyžaduje pro svůj kvalitní výsledek nějakou předřazenou operaci. Mezi předběžné úpravy řadíme např. odšlichtování, požehování (opalování), praní, mercerace, bělení, odvodňování, sušení a další, přičemž volba dílčích úkonů závisí na druhu materiálu, formě rozpracovanosti textilního materiálu i na tom, zda se jedná o operaci pomocnou (např. bělení před barvením) či konečnou (např. výstupní bělení – optické zjasnění).

1.3 Teorie požehování

1.3.1 Obecně

^[2] Požehování (opalování) je technologická operace, která bývá v zušlechťovacím postupu zařazena jako předúprava materiálu pro tisk a barvení. Navíc se zde s výhodou využívá možnosti současně textilií klocovat odšlichtovací a bělicí lázní. Textilie musí ihned po opálení projít lázní, kde dojde ke chlazení a dokonalému zhášení případných jisker. To je zvláště důležité u materiálů ze syntetických polymerů.

Během procesu výroby plošné textilie se v průběhu jejího mechanického zpracování uvolňují na povrch krátká vlákna, která mohou působit problémy při následných zušlechťovacích procesech. Ostávající vlákna ruší celkový povrchový vzhled tkaniny a zhoršují ostrost kontur při tisku. Mohou se ulamovat z povrchu tkaniny a usazovat se na strojních součástech, kde vznikají shluky vláken, které se uvolňují, padají zpět na tkaninu a při nalepení na tiskovou šablonu tvoří rezervy (nedotištěná místa). Tyto vady patří svou četností k vadám s nejvyšším výskytem.

Požehováním plošných textilií dosahujeme značné hladkosti povrchu, vyššího lesku, zvýraznění vazby a vyšší smáčivosti. Požehováním lze také podstatně snížit žmolovitost, což u textilie ocení hlavně koncoví zákazníci.

1.3.2 Princip požehování

Při průchodu tkaniny strojem je dodáváno na jednotku plochy určité konstantní množství tepla tak, aby nedošlo k jejímu poškození, ale přesto došlo k odstranění přečnívajících vláken. Potřebné množství tepla závisí na druhu materiálu, dostavách a vazbě tkaniny a její plošné hmotnosti. K přestupu tepla na tkaninu dochází působením plamene či rozžhaveného kovu po dobu, která je závislá na rychlosti průchodu textilie strojem. U kompaktní tkaniny bez vyčnívajících vláken se přivedené teplo rozvede v celém jejím objemu a celkové zvýšení teploty nepřesáhne povolenou mez. V případě, že z tkaniny vyčnívají uvolněná vlákna, působící teplo se akumuluje nejdříve na nich. Tím dochází k rychlému ohřevu vláken nad teplotu bodu vzplanutí a jejich následnému shoření. Vlákno dohoří do místa kontaktu s hmotou tkaniny, která absorbuje přiváděné teplo, čímž se sníží jeho teplota pod kritickou mez a dojde k uhašení.

Tkaniny obsahujících syntetická vlákna se musí bezprostředně po opálení chladit, aby nedošlo k jejímu natavení, předfixaci a zdrsnění povrchu textilie. To by způsobilo nejen ztrátu některých mechanicko-fyzikálních vlastností, ale i změnu ve schopnosti tkaniny přijímat barviva.

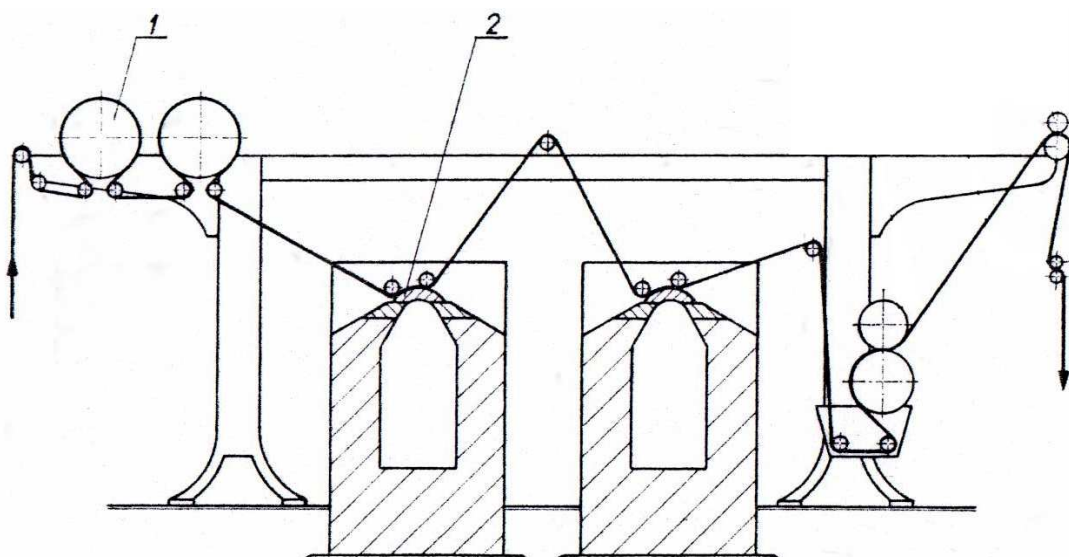
1.3.3 Požehovací stroje

^[3] Rozdělení podle konstrukčního řešení a principu tepelného působení:

1. deskové
2. válcové
3. plynové s hořáky
4. elektrické
5. kombinované

Deskové požehovací stroje

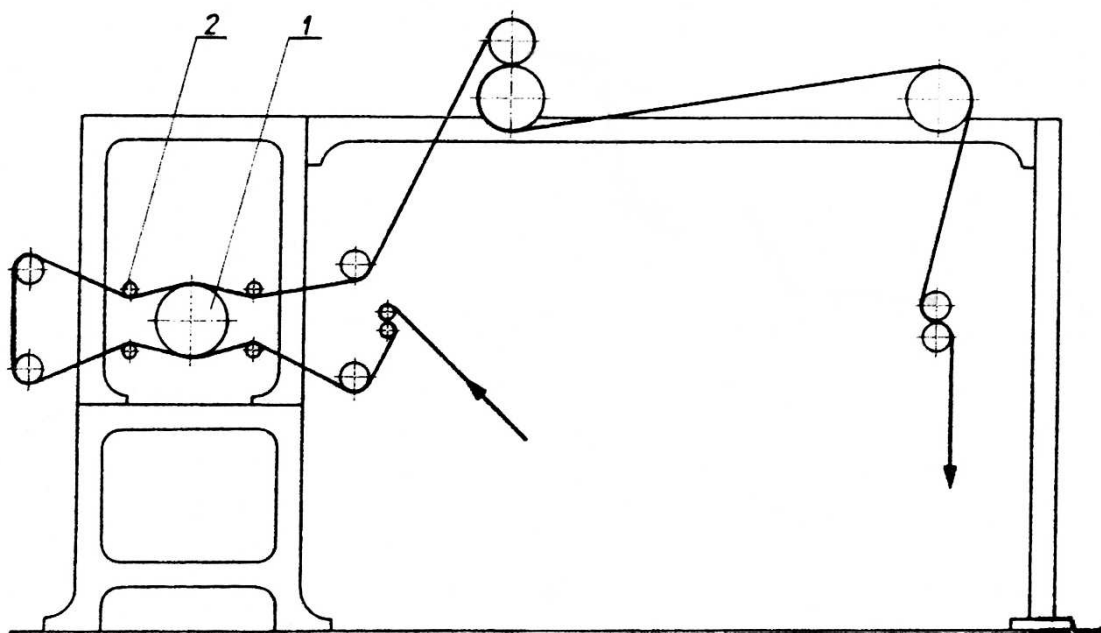
Pro udržení konstantního napětí tkaniny jsou před opalovací částí stroje umístěny napínací válce (Obr. 1/ pozice 1). Hlavní deskového požehovacího stroje je měděná vypouklá deska (Obr. 1/ pozice 2), jejíž tloušťka je obvykle 15 až 20 mm. Vyhřívá se na teplotu kolem 900° C svítiplynem, naftou nebo jiným palivem. Opalování zde probíhá posuvem tkaniny v plné šíři přes tuto desku, a to buď jednosměrně, nebo obousměrně. Jako přítlačné zařízení jsou použity vodící válečky. Podstatnou součástí stroje tvoří takzvaný *dusič jisker*, který může mít podobu dvou tažných válců nebo koryta s vodou. Tento typ stroje je využíván především pro tkaniny s hladkým povrchem a hustou dostavou, např. kepry. Rychlost průchodu textilie strojem bývá okolo 80 m/min.



Obr. 1 – Deskový požehovací stroj

Válcové požehovací stroje

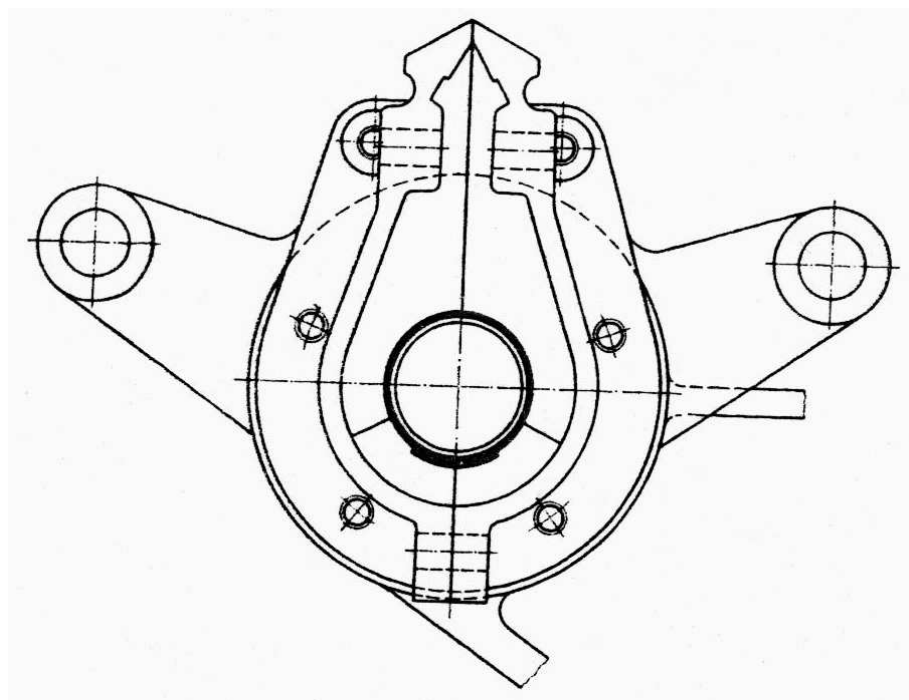
U tohoto typu stroje se jako požehovacího média využívá dutého ocelového válce (Obr. 2/ pozice 1), který je vyhříván podobným způsobem jako je tomu u deskového stroje. Ve válci jsou upevněny trysky nebo hořáky, kterými se při topení naftou nebo plynem přenáší teplo na válec. Ten se otáčí proti pohybu tkaniny s frekvencí přibližně 10 otáček za minutu. Tkanina prochází přes čtyři vodící tyče (Obr. 2/ pozice 2), které ji vedou dvakrát přes požehovací válec. U novějších typů se používá pro výrobu požehovacích válců chromniklová ocel, která dovoluje pracovat s teplotou kolem 1000° C. Rychlost posuvu tkaniny se pohybuje v rozmezí 80 až 140 m/min.



Obr. 2 – Válcový požehovací stroj

Plynové požehovací stroje

Dnes nejčastěji využívaný způsob odstraňování odstávajících vláken u tkanin i pletenin je požehování plamenem. Tento způsob požehování je považován za nejrychlejší a nejefektivnější metodu, neboť požehovat lze jednostranně či oboustranně, a to při jediném průchodu textilie strojem. Stroje se rozlišují podle počtu hořáků na dvouhořákové nebo čtyřhořákové. Jako paliva se zde využívá směsi plynu (zemní plyn, svítiplyn, propan-butan, acetylen apod.) se vzduchem, které musí být v určitém poměru (ideálně 1:6 až 1:10), aby plamen byl nesvítivý a nečadivý. Ploché Bunsenovy hořáky jsou hlavní částí plynových strojů. Plameny zde splývají v jediný pruh, čímž se docílí rovnoměrného působení tepla na povrch textilie. Hořáky mohou být také litinové hruškového průřezu složené ze dvou částí stažených dvěma řadami šroubů (Obr. 3).



Obr. 3 – Řez dvoudílným hořákem

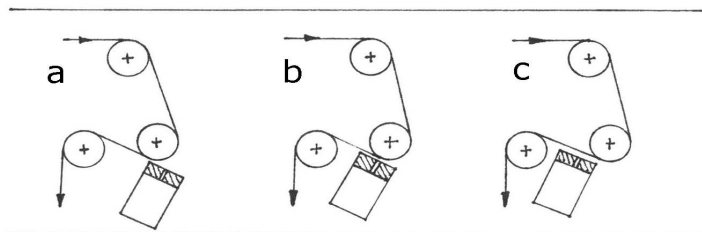
Kvalitu opálení mimo jiné ovlivňuje i směr plamene a jeho vzdálenost od materiálu. Hořáky lze většinou nastavovat do různých úhlů vůči tkanině. Různá nastavení směru plamene vlivem umístění hořáků plynového požehovacího stroje *Double-Jet* firmy Osthoff¹ jsou zobrazena na Obr. 4.

Typy plamene (viz Obr. 4):

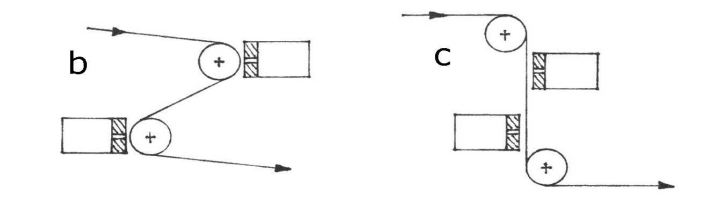
- a) tangenciální
- b) proti válci
- c) proti tkanině
- d) s protiproudem vzduchu proti válci
- e) s protiproudem vzduchu proti tkanině

¹ Stroj Double-Jet byl pro ukázkou zvolen proto, že přehled nastavení směru hořáků vůči tkanině stroje Parex-Mather není k dispozici.

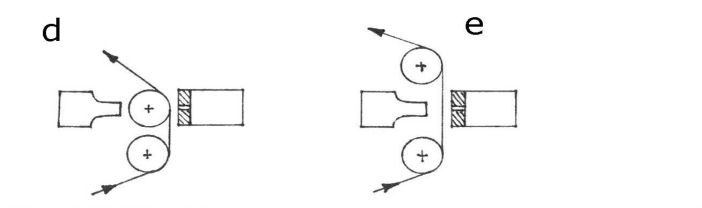
**Jednostranné
požehování**



**Oboustranné
požehování**



**Požehování
s protiproudem
vzduchu**



Obr. 4 – Typy nastavení polohy hořáků

Zejména u plynových požehovacích strojů je nezbytný dusič jisker, který může mít podobu dvou válců, mezi nimiž prochází textilie, nebo žlabu s vodou či odšlichtovací lázní. Pokud se požehovaná tkanina dále merceruje, využívá se k dušení jisker parní komora. Rychlost požehování je možno regulovat v rozsahu od 50 do 300 m/min. Jakost opálení lze ovlivnit několikanásobným vedením tkaniny k jednomu hořáku.

Jelikož při požehování plamenem vznikají spalováním vláken zplodiny, které mohou ohrozit zdraví obsluhujícího personálu, je nutné aby byl stroj vybaven odtahem s ventilátorem. Aby však nedošlo ke snížení plamene vlivem úbytku kyslíku, jsou všechny opalovací jednotky vybaveny integrovaným ventilátorem, který dodává všechen potřebný vzduch pro spalování a kontrolu plamene.

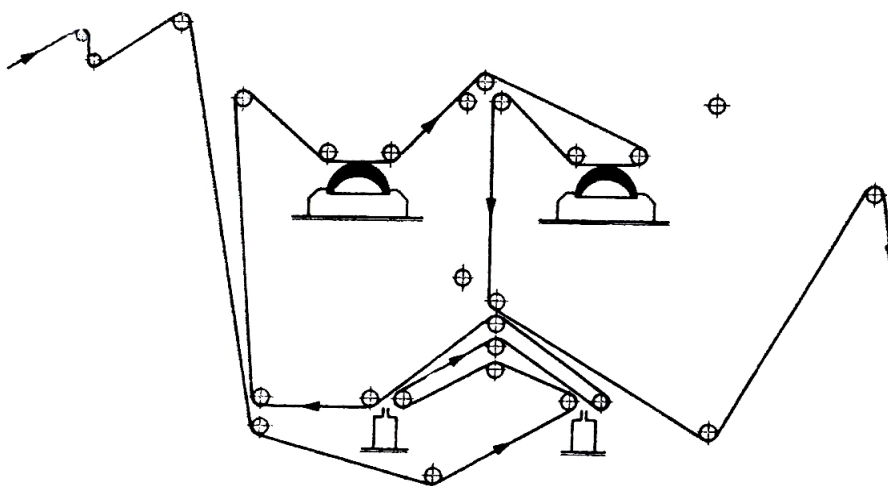
Elektrické požehovací stroje

Tento typ strojů využívá k požehování kontaktu s rozžhaveným kovem. Opalovací tělesa jsou například odizolované proužky odporového materiálu zapojené do sítě.

Pokud se tedy elektricky vyhřívají válce či desky, postup požehování je totožný jako u válcových či deskových strojů.

Kombinované stroje

Již z názvu vyplývá, že se jedná o stroje, které vznikají kombinací předešlých technologií. Lze sem zahrnout stroje, využívající kombinace plamen – infrazářič, plamen – vyhřívaná deska (Obr.5), plamen – elektricky vyhřívané těleso apod. Tato technika se vyznačuje nejvyšší kvalitou opálení odstávajících vláken, ale vzhledem k technicky náročnějšímu řešení není využívána tak často, jako požehování plamenem.



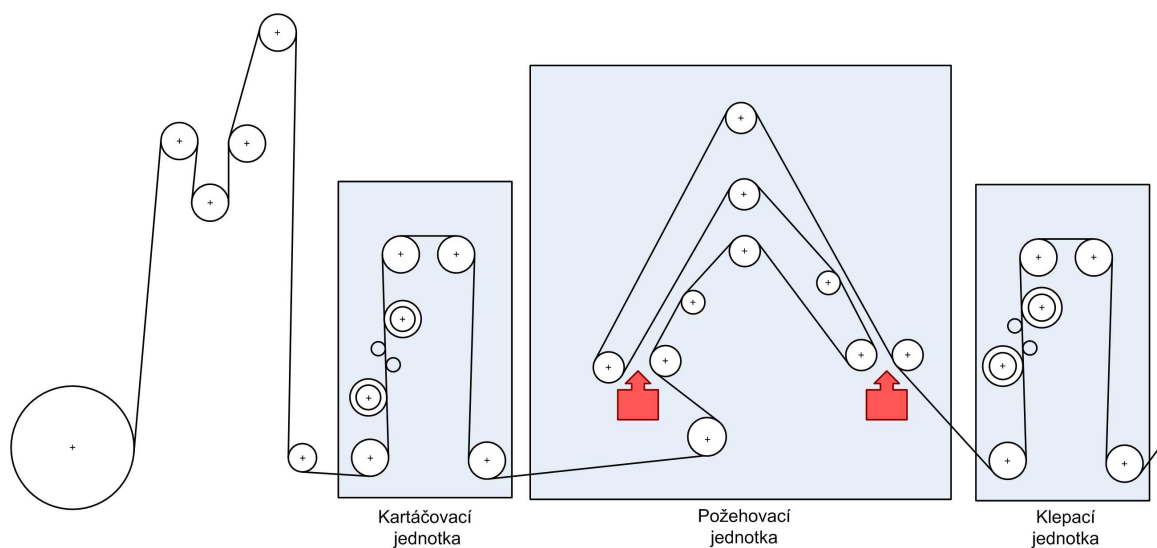
Obr. 5 – Kombinovaný stroj Parex 6000

2. Plynový požehovací a odšlichtovací stroj Parex-Mather

Toto nové strojní zařízení bylo instalováno do závodu 03 Slezan a.s. Frýdek-Místek v létě 2005. Zároveň vznikla potřeba stanovit obsluhu stroje metodiku nastavení jeho parametrů v závislosti k známým vlastnostem upravovaných tkanin.

^[6] Plynový opalovací stroj Parex-Mather je sestaven z několika jednotek, které jsou synchronizovány tak, aby napětí tkaniny bylo při průchodu strojem v každém místě optimální. Stroj obsahuje kromě samotné opalovací části také jednotku kartáčovací, klepací, odšlichtovací a navíjecí. Jako přídatné zařízení je zde použita elektronická dávkovací jednotka pro přípravu odšlichtovací a bělicí lázně.

Rychlostí posuvu tkaniny a intenzitou plamene lze měnit výstupní hodnotu délky odstávajících vláken. Zároveň vycházíme z předpokladu, že hodnotu výstupního parametru ovlivňuje do jisté míry také plošná hmotnost požehovaného materiálu. Veličinou zvanou *intenzita plamene* se zde rozumí stupeň otevření servoventilů přívodního plynového potrubí a je udávána v procentech.

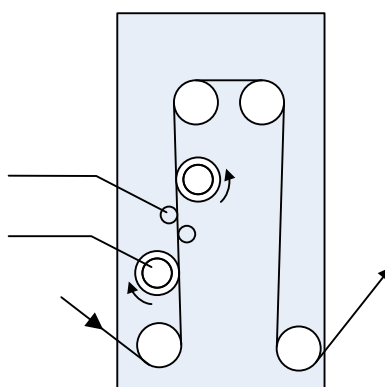


Obr. 6 – Schéma kartáčovací, požehovací a klepací jednotky stroje Parex-Mather

2.1 Dvouválcová kartáčovací jednotka

Kartáčovací jednotka je volně stojícím zařízením se dvěma kartáči s chevronovým vzorem, upevněnými na kuličkových ložiscích. Kartáče jsou umístěny v plechovém krytu, který obsahuje integrovaný výfukový systém připojený k externímu výfukovému potrubí a jsou poháněny elektrickým A.C. motorem, jehož ovládací zařízení je umístěno v hlavním řídicím panelu. Kartáče rotují proti směru pohybu tkaniny.

Úkolem kartáčovací jednotky je odstranit nečistoty z povrchu textilie a napřímit vlákna na jejím povrchu tak, aby účinek následného opalování byl co nejlepší. Kontaktní tlak tkaniny vůči kartáčům je nastaven prostřednictvím přitlačných hřídelí tak, aby tkanina byla s povrchem kartáčů v těsné blízkosti. Tlak by měl být dostačující pouze pro odstranění volných nití a dalších nečistot z povrchu tkaniny. Navedení tkaniny do jednotky je patrné níže (Obr. 7).



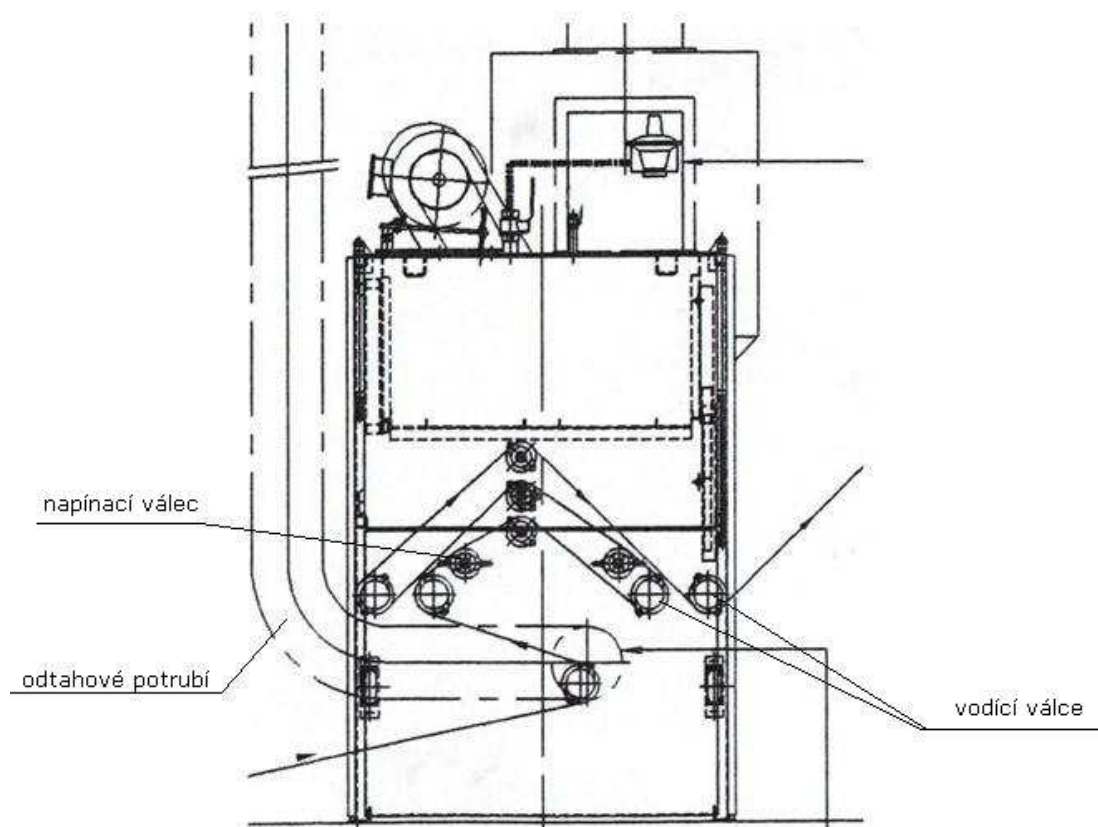
Obr. 7 – Kartáčovací jednotka

2.2 Plynová požehovací jednotka MK.10C

Opalovací stroj MK10.C je samostatná dvouhořáková jednotka, vybavená zvlhčovačem krajů tkaniny (viz Příloha 2), integrálním výfukovým potrubím, dusičem jisker, plynovým potrubím a přívodem stlačeného vzduchu. Zvlhčující jednotka používá jemný mlhový sprej, kterým postříkuje kraje textilie, čímž se výrazně snižuje riziko vznícení textilie během opalování. Zvlhčování okrajů se využívá pouze pokud má textilie řezaný kraj. U materiálů s pevně zatkanými kraji vznícení nehrozí. Voda by měla být přiváděna

při tlaku 1 bar a teplotě 25° C. Teplá voda je přiváděna proto, aby nekondenzovala na válcích, což by vedlo k rychlému nakupení prachu a ulpívání vláken na povrchu válců.

Tkanina je jednotkou vedena přes osm vodících válců tak, aby bylo možné požehovat materiál oboustranně. Optimální napětí textilie zajišťují dva napínací válce (Obr. 8). Hořáky jsou umístěny ve spodní části a jsou nasměrovány nahoru tak, aby plamen zasahoval mezi dva vodící válce (Obr. 6). U hořáků lze manuálně měnit směr natočení, čehož se využívá v případě, že textilie je pro přímé působení plamene příliš tenká či choulostivá a hrozilo by její poškození. Tkanina může být vedena strojem i bez procesu požehování, například pokud je potřeba ji pouze odšlichtovat. V tomto případě je vedena jednotkou bez zažehnutí hořáků. Ty musí být zakryty krycími klapkami, aby byly chráněny před usazováním nečistot.



Obr. 8 – Navedení tkaniny do požehovací jednotky

Plamen hořáků by měl být rovnoměrný, pokud má žluté stopy a jeho intenzita není všude stejná znamená to, že směs plynu a vzduchu není ve správném poměru. Šířka hořáku by měla přesahovat šířku požehované tkaniny přibližně o 20 cm. Za opalovací jednotkou je umístěn vodní cyklonový filtr (viz Příloha 2). Ten slouží k zachytávání prachu a nečistot odváděných od požehnuté tkaniny, čímž se zároveň snižuje prašnost v okolí stroje. Navíc slouží také k dušení případných jisker. Vzduch je odtažen vypuštěn přes výstup vzduchového potrubí mimo výrobní halu..

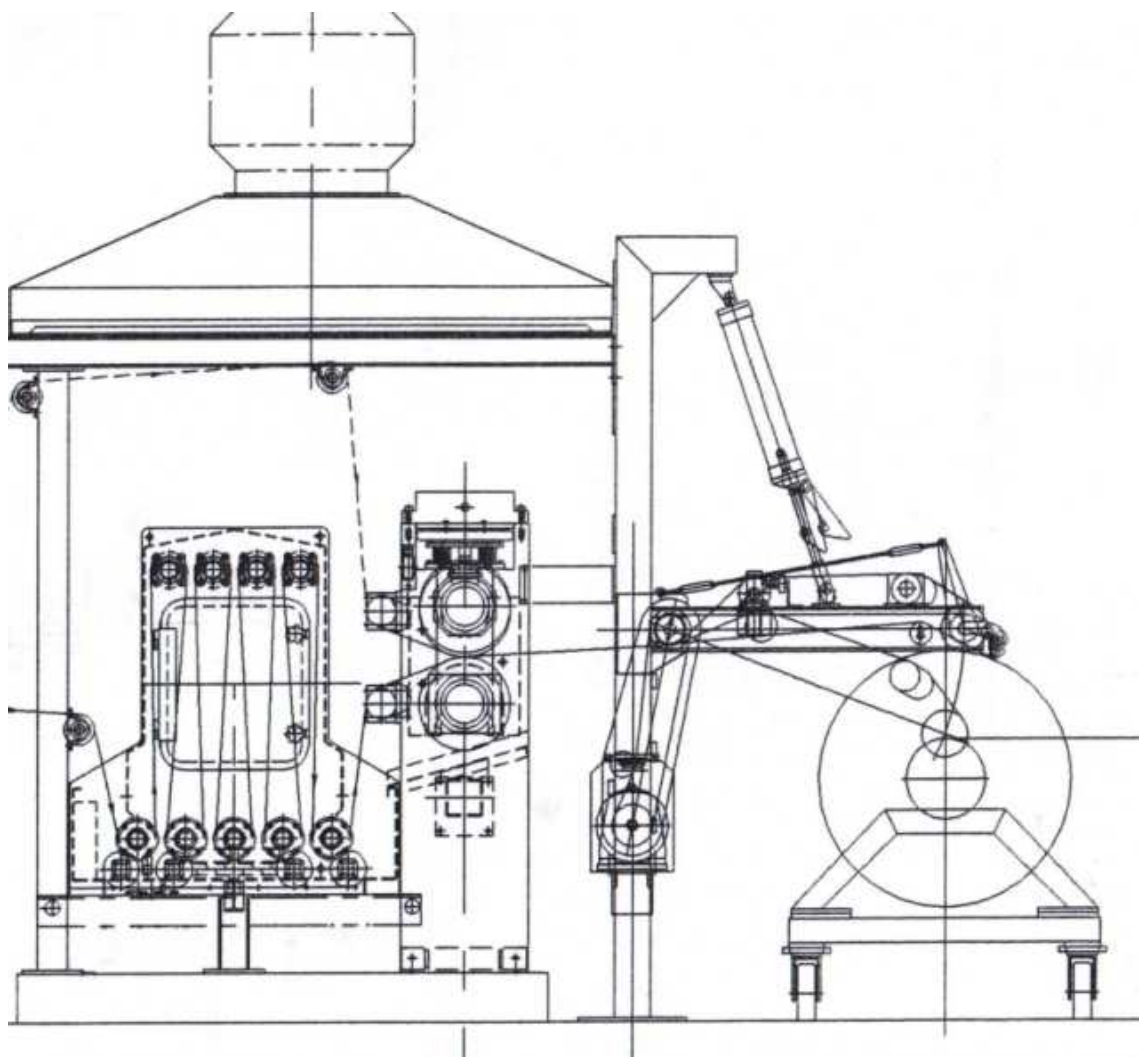
2.3 Dvouválcová klepací jednotka

Po opalování a před dalším procesem je nezbytné odstranit z povrchu tkaniny prach a nečistoty vzniklé spalováním vláken. Omezí se tím znečišťování odšlichtovací lázně. K tomuto účelu slouží klepací jednotka, která je konstrukčně velmi podobná jednotce kartáčovací. Proces klepání probíhá díky dvěma válcovým klepadlům, která jsou upevněna na kuličkových ložiscích a poháněna elektrickým A.C. motorem. Klepadla rotují proti směru pohybu tkaniny a kontaktní tlak tkaniny s klepadly je opět nastaven prostřednictvím přítlačných hřídelí. Vyklepané nečistoty jsou z klepací jednotky odsávány odtahovým ventilátorem do filtračního zařízení. Ventilačním potrubím je odsátý vzduch vyveden mimo výrobní halu.

2.4 Impregnační jednotka

Následně je textilie navedena do jednotky odšlichtovací (viz Příloha 2), která je složena částí sytící a ždímací (takzvaný foulard). V sytící jednotce se textilie impregnuje (klocuje) lázní, obsahující odšlichtovací a bělicí prostředky. Odšlichtování je proces, při kterém odstraňujeme šlichtu z osnovních přízí. Ta má za úkol dodat přízím potřebnou pevnost, hladkost a odolnost v otěru a v oděru, aby během mechanického namáhání při procesu tkaní nedocházelo k jejich poškození. Impregnační jednotka je konstruována z nerezavějící ocele a má čtyři horní válce a pět spodních hřídelí. Ty jsou upevněny v karbonových ložiscích a jsou během odšlichtování zapuštěny do lázně. Jednotka je vytápěna párou a vybavena zařízením kontroly teploty a vodoznakem. Impregnační lázeň zde slouží jak k odstranění šlichty, tak i k vybělení tkaniny. Jednotku lze však využít pouze jako dusič jisker a chladicí lázeň při požehování syntetických materiálů.

Lázeň se připravuje diskontinuálně samostatným elektronickým dávkovacím zařízením, které je řízeno počítačem.



Obr. 9 – Výkres odšlichtovací jednotky, ždímací jednotky a rotačního navíječe

2.5 Ždímací jednotka (foulard)

Ždímací jednotka slouží k odměčknutí přebytečné odšlichtovací lázně z textilie a je tvořena dvěma poháněnými válci, které vlivem sevření táhnou tkaninu všemi dosud zmíněnými jednotkami stroje (viz Příloha 2). Oba válce jsou pokryty polyuretanovou pryží a jejich přítlak je regulován pneumaticky. Aby se předešlo záhybům na tkanině při průchodu mezi ždímacími válci, je před nimi umístěn rozevírací válec. Odždímaná kapalina je samospádem svedena zpět do odšlichtovací jednotky.

2.6 Rotační navíječ

Rotační navíječ je druhou poháněnou jednotkou požehovacího stroje. Jeho úkolem je navíjet tkaninu na velkonábalový vozík. Textilie je navíjena za mokra, poté se nábal nechává několik hodin stát. Takto se postupuje proto, aby mohla déle působit nanesená lázeň, která obsahuje bělicí prostředky. Na výstupu z požehovacího stroje Parex-Mather tedy dostáváme tkaninu nejen opálenou a zbavenou šličky, ale také vybělenou. Po několikahodinovém působení je pak tkanina vyprána a následně usušena. Tyto procesy již však probíhají na dalších strojních zařízeních.

Výkres všeobecného uspořádání stroje Parex-Mather je k nahlédnutí v Příloze 5.

3. Experimentální část

3.1 Měření délky odstávajících vláken

Pro určení průměrné délky odstávajících vláken před a po opálení bylo zapotřebí změřit dostatečný počet vzorků tkanin v určité škále plošných hmotností. Plošné hmotnosti byly měřeny před a po opálení na výřezech o ploše 1 dm^2 , které byly zváženy na digitálních vahách. Hodnoty plošných hmotností však nemusí být zcela přesné vzhledem k možné nestejnoměrnosti materiálů a plochy výřezů.

Vzorky byly požehovány při různých rychlostech a výškách plamene. Měření bylo prováděno na měřicím přístroji Zweigle T610 (viz Příloha 1), který vyhodnocuje délku odstávajících vláken na základě optického snímače. Přesnost měření Δ byla vzhledem k cejchování stupnice stanovena na hodnotě $0,05 \text{ mm}$. Následný výpočet optimálního počtu měření n ze třinácti pokusných měření dle vztahu (3.1) určil, že pro další experiment bude dostačující pro každý vzorek provést 10 měření.

$$n = 1,96^2 \frac{\sigma^2}{\Delta^2} \quad (3.1)$$

Každý vzorek byl umístěn do upevňovacích čelistí a následně desetkrát proměřen, přičemž před každým měřením byl vzorek posunut, aby nedocházelo ke zkreslení údajů proměřováním stále stejného místa. V Tabulce 1 jsou stručně zobrazeny průměrné hodnoty délek odstávajících vláken před a po opálení a také hodnoty plošných hmotností vzorků. Detailní přehled naměřených hodnot se nachází v Příloze 3.

Pro bližší popis měřicího přístroje nemá podnik Slezan a.s. k dispozici potřebnou dokumentaci ani manuál. Požadavek o poskytnutí této dokumentace byl tedy zaslán přímo výrobcí měřicí techniky firmě Zweigle Textilprüfmaschinen GmbH. Ta na tuto žádost nereagovala. K představě o funkci tohoto přístroje tedy musí posloužit pouze fotografická dokumentace v Příloze 1.

Vlivem mechanického opotřebení vnitřní součásti měřícího zařízení došlo během měření k jeho poruše. Vzhledem k zastaralosti přístroje nebylo možné nahradit poškozenou součástku tak, aby nebyla ovlivněna přesnost měření. Z tohoto důvodu bylo změřeno pouze 19 vzorků.

Název	Rychlost	Plamen	Před opálením		Po opálení	
			Plošná hmotnost [g/m ²]	Průměrná délka vláken l [mm]	Plošná hmotnost [g/m ²]	Průměrná délka vláken l [mm]
Nikola 140	70	22	101	1.16	96	0.34
Nikola T140	70	22	101	1.505	100	0.325
Nikola 140	80	22	101	0.814	99	0.546
Nikola T140	70	22	107	0.88	98	0.3
Nikola 160	80	22	108	0.789	102	0.485
Nikola 160	70	22	108	1.03	98	0.394
Polar 235	65	25	126	0.96	122	0.671
Polar 280	65	25	131	1.12	128	0.62
Polar 280	65	25	131	0.658	130	0.587
Sandy S 150	70	25	136	0.57	132	0.335
Domena T150	65	35	145	0.75	131	0.275
Domena MP150	65	35	147	0.695	145	0.253
Domena 280	70	35	148	0.634	144	0.251
Domena T150	70	35	149	0.684	146	0.33
Domena 140	85	35	150	0.61	144	0.285
Domestino 240	70	30	158	0.975	149	0.352
Vanda T150	70	25	172	1.057	118	0.276
Feiner 150	70	35	175	0.745	172	0.214
Feiner 150	65	35	175	0.42	165	0.225

Tabulka 1 – Stručný přehled naměřených hodnot

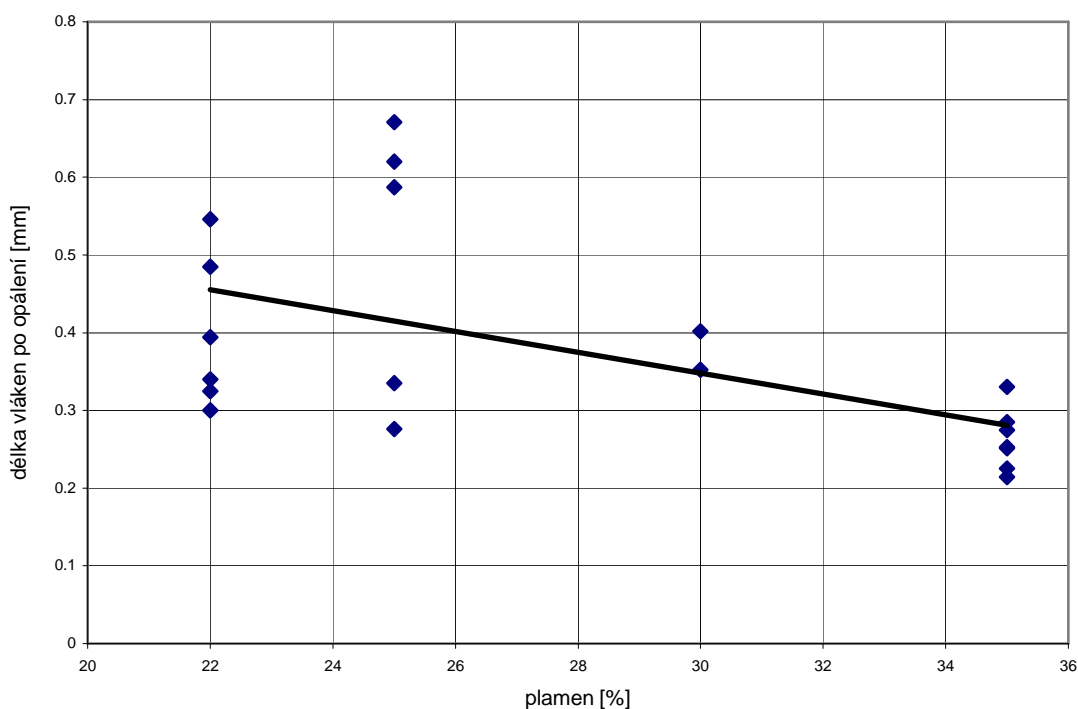
3.2 Zobrazení závislostí naměřených vstupních parametrů na výstupní délce vláken

Rychlost posuvu tkaniny je udávána v metrech za minutu. Intenzita plamene je veličina, udávající procento otevření ventilu přírodního plynového potrubí. Každý hořák lze nastavit individuálně, avšak v provozních podmínkách Slezan a.s. je z důvodu zjednodušení obsluhy používáno stejného nastavení obou hořáků.

Vstupní proměnné veličiny rychlost a intenzita plamene mají přímou závislost na výstupní hodnotě délky odstávajících vláken. Je patrné, že pokud se bude zvyšovat intenzita plamene při konstantní rychlosti, bude se výstupní délka vláken snižovat. Analogicky, pokud bude intenzita plamene konstantní a poroste rychlost posuvu tkaniny, hořáky nebudou schopny opalovat odstávající vlákna dostatečně a jejich délka bude větší.

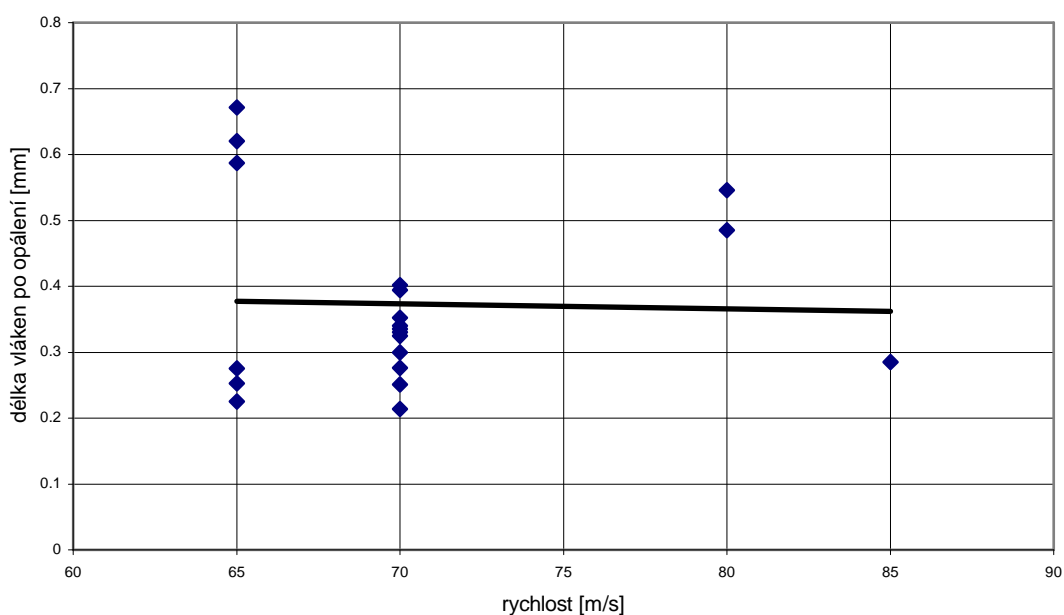
Další vstupní hodnotou, o které se domníváme, že ovlivňuje délku vláken na výstupu je plošná hmotnost tkaniny. Tu bychom zřejmě neměli zanedbat vzhledem k požadavkům firmy Slezan a.s. Bude však třeba zjistit, zda je hodnota plošné hmotnosti v procesu opalování skutečně podstatná.

Pro základní náznak závislostí rychlosti, plamene a plošné hmotnosti na výstupní délce vláken, nám poslouží grafy naměřených hodnot. Rozptyl hodnot je zde zřejmě způsoben vlivem proměnné rychlosti a plošné hmotnosti. Na Obr.10 vidíme závislost intenzity plamene na délce vláken po opálení.



Obr. 10 – Závislost výstupní délky vláken na intenzitě plamene

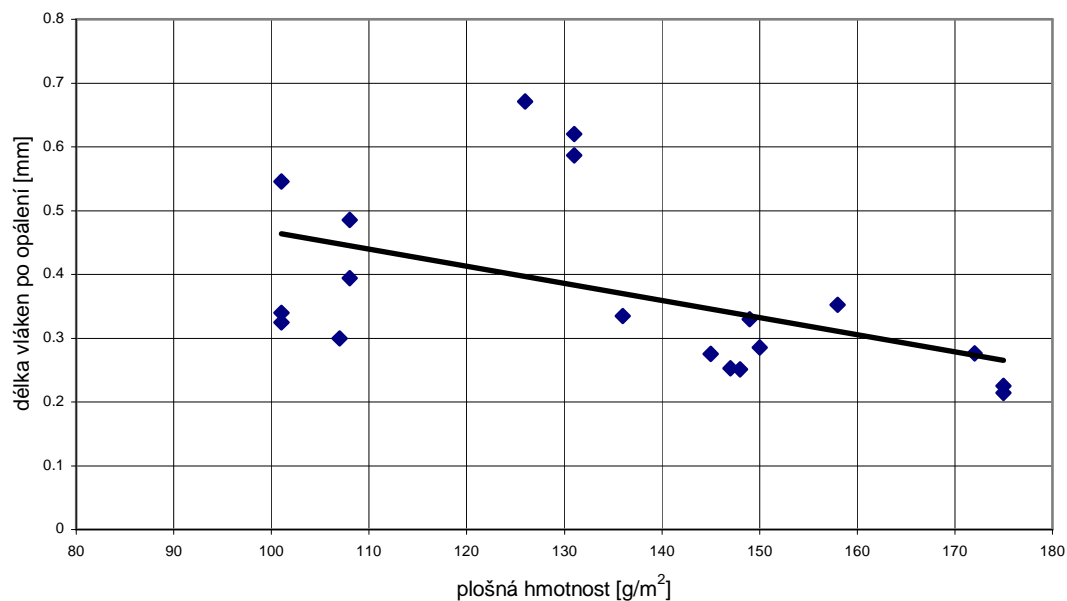
Graficky vynesená závislost rychlosti na výstupní délce vláken (Obr.11) však neodpovídá realitě, neboť ve skutečnosti by měla být rostoucí. Tato odlišnost může být způsobena vlivem změny plošné hmotnosti nebo nevhodným nastavením intenzity plamene. S rostoucí plošnou hmotností se mírně zvyšuje tloušťka textilie, čímž se povrch tkaniny dostává blíže k hořákům a dochází k vyššímu stupni opálení. Výsledky však také mohly být ovlivněny poruchou měřicího přístroje.



Obr. 11 – Závislost výstupní délky vláken na rychlosti posuvu tkaniny

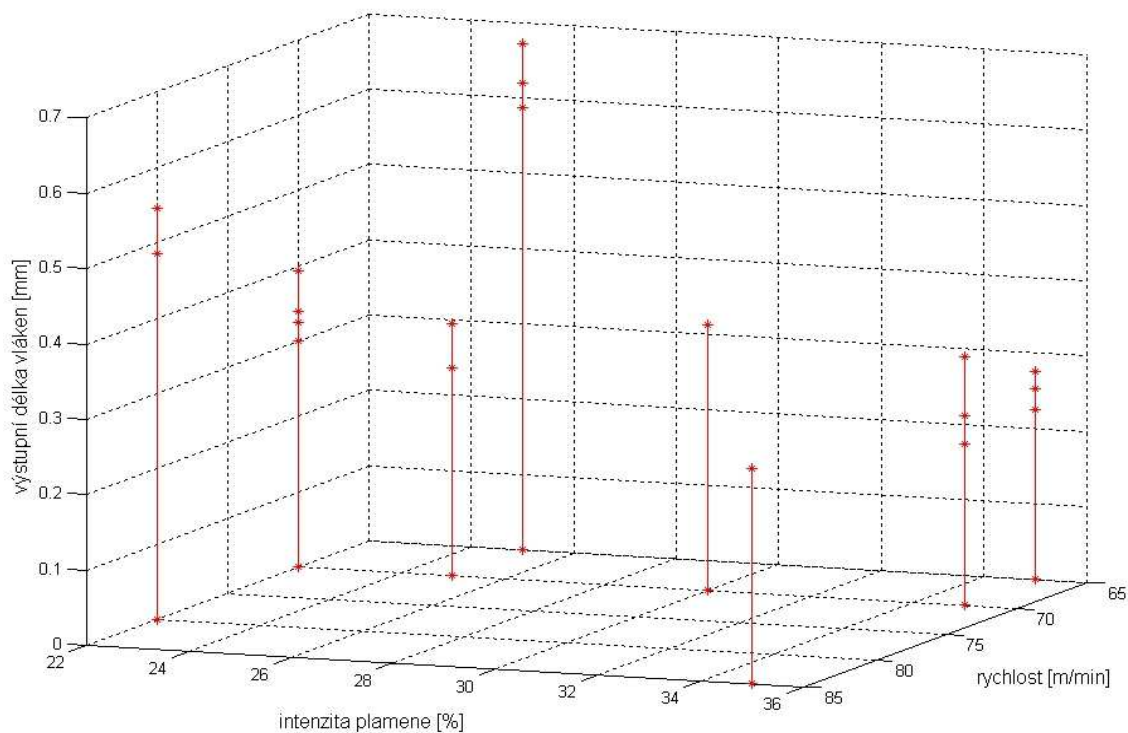
Posledním vstupním parametrem je plošná hmotnost textilie. Její závislost na výstupní hodnotě délky vláken je patrná z Obr.12. Sklon regresní přímky je zde poměrně velký, což může být opět způsobeno nevhodným nastavením ostatních vstupních parametrů.

Jak již bylo řečeno, vliv změny plošné hmotnosti na nastavení rychlosti a intenzity plamene není úplně zřejmý. Při změně plošné hmotnosti například o 50 g/m^2 se změní tloušťka textilie jen nepatrně. Není tedy vyloučeno, že budeme tuto veličinu v procesu opalování zanedbávat. Tato hypotéza bude ověřována v následující kapitole.



Obr. 12 – Závislost výstupní délky vláken na plošné hmotnosti textilie

Toto zobrazení však možná nepřináší úplnou představu o závislosti všech vstupních parametrů na výsledné délce odstávajících vláken. Proto jsou naměřené hodnoty pro úplnost vyneseny do 3D grafu (Obr.13).



Obr. 13 – Zobrazení naměřených hodnot ve 3D

Ve 3D zobrazení je vidět, že mezi vstupními parametry a výstupní délkou vláken není patrná přímá závislost. To může být způsobeno buď právě vlivem plošných hmotností jednotlivých vzorků nebo případnou poruchou měřícího přístroje. Opotřebení součástí přístroje se tedy mohlo projevit na přesnosti měření již v jeho průběhu.

3.3 Metodika nalezení funkční závislosti

^[5] Pro určení optimálního nastavení vstupních parametrů stroje v závislosti na plošné hmotnosti textilie a požadované délce vláken po opálení bylo zapotřebí nalézt vhodný matematický model. Jako vhodná se ukázala takzvaná *analýza faktorových pokusů typu 2ⁿ*, která determinuje statisticky nevýznamné proměnné a následně lze jejím užitím získat funkci závislosti statisticky významných faktorů na výstupu.

V našem případě jsou vstupní proměnné rychlost, intenzita plamene a plošná hmotnost. Počet vstupních technologických faktorů je tedy $n = 3$, což znamená, že budeme analyzovat faktorový pokus typu 2^3 , respektive počet měřených vzorků bude podle vztahu (3.2) $d = 8$.

$$d = 2^n \tag{3.2}$$

Nejprve je třeba vybrat z naměřených hodnot takové, které obsahují extrémní hodnoty všech vstupních proměnných a zároveň existují jejich vzájemné kombinace. Pro tento první krok však mezi naměřenými hodnotami nebyly nalezeny potřebné kombinace hodnot vstupních veličin v horní a dolní mezi obvykle využívaných nastavení. Vzhledem k tomu nelze námi naměřené hodnoty pro zjištění funkční závislosti využít. Aby bylo možné ověřit správnost metodiky získání funkční závislosti a následného grafického zobrazení, použijeme k demonstraci vhodně zvolené hodnoty.

Výsledek tedy neukáže skutečné hodnoty optimálního nastavení stroje, ale pouze nastíní jak v určení funkční závislosti postupovat.

3.3.1 Plán faktorových pokusů typu 2ⁿ

Metodou analýzy faktorových pokusů lze poměrně spolehlivě otestovat sílu vazeb jednotlivých technologických faktorů (rychlosti, intenzity plamene a plošné hmotnosti) na sledovaný výstupní parametr. Tato analýza bude využita k získání matematického modelu, jenž bude obsahovat statisticky významné vstupní parametry, na kterých závisí výstupní hodnota délky vláken.

Jak již bylo zmíněno, v plánu faktorových pokusů typu 2^n se využívá všech možných kombinací technologických faktorů (tedy vstupních proměnných) v horní a dolní mezi. Pro naše měření byly tedy dosazeny do tabulky za A extrémní hodnoty rychlosti, za B hodnoty nejmenší a největší využívané intenzity plamene a za C dolní a horní mez plošných hmotností.

	A₁ = 60				A₂ = 90			
	B₁ = 20		B₂ = 40		B₁ = 20		B₂ = 40	
	C₁ = 100	C₂ = 300	C₁ = 100	C₂ = 300	C₁ = 100	C₂ = 300	C₁ = 100	C₂ = 300
	(1)	c	b	bc	a	ac	ab	abc
	0.62	0.55	0.25	0.2	0.75	0.68	0.50	0.4
	0.6	0.56	0.22	0.18	0.8	0.71	0.52	0.38
	0.61	0.52	0.23	0.19	0.76	0.69	0.51	0.39
	0.6	0.58	0.2	0.17	0.79	0.7	0.48	0.41
	0.63	0.55	0.24	0.2	0.77	0.67	0.49	0.42
R_i	3.06	2.76	1.14	0.94	3.87	3.45	2.5	2

Tabulka 2 – Plán faktorových pokusů

V prvním sloupci tabulky jsou tedy hodnoty výstupní délky odstávajících vláken naměřené na vzorcích o malé plošné hmotnosti, nízké rychlosti a nízké intenzitě plamene. Druhý sloupec jsou hodnoty pro stejnou rychlost a plamen jako v předchozím sloupci, ovšem s horní mezní hodnotou plošné hmotnosti. Sledovaný výstupní parametr, tedy hodnoty délky odstávajících vláken, budeme značit y .

Pro první pokus tedy získáme hodnotu $y_{1,1}$. Z dalšího pokusu provedeného se stejným vstupním nastavením i plošnou hmotností získáme hodnotu $y_{1,2}$. Celkem budeme za stejných vstupních podmínek pokus opakovat r -krát. V případě naší tabulky tedy $r = 5$. Ve čtvrtém řádku tabulky je uvedeno zjednodušené označování pokusů. Principem těchto značení je, že pokud se bude technologický faktor (například i) nacházet v horní mezi, tedy v hodnotě A_2 , bude daný sloupec hodnot označen pomocným symbolem a . Faktory s indexem 1 , tedy ve spodní mezi označovat nebudeme. Výjimku tvoří první sloupec, neboť zde se neprojevuje žádný z faktorů v horní mezi, proto je označen (1) . V posledním řádku tabulky je uvedena veličina R , kterou můžeme zavést vztahem (3.3).

$$R_i = \sum_{j=1}^r y_{i,j} \quad i = 1, 2, \dots, 2^n \quad (3.3)$$

Veličina R tedy udává součet naměřených výstupních hodnot v jednom sloupci. Při číselném výpočtu jsou za pomocné symboly a, b, c, ab, ac, bc, abc dosazovány právě hodnoty R příslušné pro daný sloupec.

3.3.2 Efekt faktoru

Jelikož má každý faktor jiný vliv na výstupní parametr, je nutné určit takzvaný *efekt faktoru*. Ten ukazuje velikost síly vazby mezi výstupní veličinou a příslušným faktorem nebo vzájemnou interakcí více faktorů. Efekt faktoru odhadujeme hodnotou Z , která bude získána rozdílem součtů přes opakování měření při úrovni daného faktoru 2 a 1. V našem případě dostaneme tvar (3.4.).

$$Z_A = A_2 B_1 C_1 + A_2 B_1 C_2 + A_2 B_2 C_1 + A_2 B_2 C_2 - (A_1 B_1 C_1 + A_1 B_1 C_2 + A_1 B_2 C_1 + A_1 B_2 C_2) \quad (3.4)$$

Rovnici lze zjednodušit zapsáním pomocí výše zmíněného označení. Tím dostaneme výraz (3.5)

$$Z_A = a + ac + ab + abc - [(1) + c + b + bc] \quad (3.5)$$

Vztahy pro efekty faktorů Z_B a Z_C získáme obdobně. Z uvedených vztahů lze tedy získat jednoduché efekty faktorů. Na výstupních hodnotách se však mohou projevit i vzájemné interakce dílčích faktorů. Odhad efektu interakce například mezi A a B spočítáme jako rozdíl mezi efektem faktoru B při úrovni A_2 a B při úrovni A_1 dle vztahů (3.6) a (3.7).

$$Z_{BA1} = b + bc - [(1) + c] \quad (3.6)$$

$$Z_{BA2} = ab + abc - (a + c) \quad (3.7)$$

Výsledný odhad efektu interakce A a B získáme ze vztahu (3.8).

$$Z_{AB} = Z_{BA\ 2} - Z_{BA\ 1} \quad (3.8)$$

Pro určení vztahů pro ostatní interakce postupujeme analogicky.

Podle odhadu efektu interakcí přiřazujeme veličinám R příslušná znaménka, jejichž tabulku najdeme v Příloze 4. V Tabulce 3 jsou zobrazeny vypočtené hodnoty efektu faktorů a jejich vzájemných interakcí.

Z_A	3.92
Z_B	-6.56
Z_C	-1.42
Z_{AB}	0.92
Z_{AC}	-0.42
Z_{BC}	0.02
Z_{ABC}	-0.18

Tabulka 3 – Efekt faktorů a jejich interakcí

3.3.3 Testování statistické významnosti vlivu vstupních faktorů

Podstatnou úlohou analýzy faktorových pokusů je test vlivu každého faktoru na výstupní parametr. Faktory, které jsou na zvolené hladině významnosti statisticky nevýznamné, při následné konstrukci matematického modelu zanedbáváme. Testování provádíme pomocí rozptylů hodnot pro dílčí faktory a jejich interakce a reziduálního rozptylu všech naměřených hodnot. Nejprve si tedy vypočteme podíl faktorů a jejich interakcí na celkovém součtu čtverců odchylek. Pro tyto složky bude platit vztah (3.9)

$$S_A = \frac{Z_A^2}{d \cdot r}; \quad S_B = \frac{Z_B^2}{d \cdot r}; \quad S_{AB} = \frac{Z_{AB}^2}{d \cdot r}; \quad \dots \quad (3.9)$$

Reziduální rozptyl vypočteme dle vztahu (3.10)

$$S_r = \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^r \left(y_{i,j} - \frac{\sum_{j=1}^r y_{i,j}}{r} \right)^2 \quad (3.10)$$

$$S_r = 0,00944$$

Následně vypočítáme testové charakteristiky F_A, F_B, \dots, F_{ABC} dle

$$F_A = \frac{S_A}{\frac{S_r}{\nu}}; \quad F_B = \frac{S_B}{\frac{S_r}{\nu}}; \quad \dots; \quad F_{ABC} = \frac{S_{ABC}}{\frac{S_r}{\nu}} \quad (3.11)$$

Kde ν je počet stupňů volnosti, v našem případě platí

$$\nu = d \cdot (r - 1) \quad (3.12)$$

$$\nu = 32$$

Zvolíme hladinu významnosti α a z tabulek kvantilů Fischerova rozdělení určíme kritickou hodnotu $F_{1-\alpha}(I, \nu)$. Nyní porovnáme testové charakteristiky jednotlivých faktorů s kritickou hodnotou. Pokud bude například platit nerovnost $F_{1-\alpha}(I, \nu) > F_A$, můžeme říci, že faktor A je statisticky nevýznamný a lze jej při konstrukci matematického modelu zanedbat. Hodnoty rozptylů a testových charakteristik pro zjištění statisticky významných faktorů na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro naše měření jsou uvedeny v Tabulce 4.

i	A	B	C	AB	BC	AC	ABC
S_i	0,384	1,076	0,0504	0,0212	$1 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$	$8,1 \cdot 10^{-4}$
F_i	1301,69	3647,46	170,85	71,73	0,034	1,49	2,75

Tabulka 4 – Vypočtené hodnoty pro určení statisticky významných faktorů

Porovnáním testových charakteristik jednotlivých faktorů a jejich interakcí s tabulkovou hodnotou F na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ $F_{0,95}(1, \nu) \approx 4,1$ zjišťujeme, že pro další zpracování jsou interakce faktorů BC , AC a ABC statisticky nevýznamné. Znamená to tedy, že délku vláken po opálení významně ovlivňují všechny tři vstupní proměnné včetně plošné hmotnosti. Navíc má také nezanedbatelný význam interakce rychlosti posuvu tkaniny a intenzity plamene.

3.3.4 Konstrukce matematického modelu

Pro konstrukci matematického modelu je výhodné nejprve transformovat technologické faktory na bezrozměrné veličiny. Transformaci provedeme dle vztahu (3.13).

$$x_1 = \frac{2}{A_2 - A_1} \left(A - \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \quad (3.13)$$

Z tohoto vztahu lze také jednoduše odvodit *znaménkovou tabulku*, která je k nahlédnutí v Příloze. Pokud totiž dosadíme za faktor A dolní mez, bude veličina x_1 nabývat hodnoty $x_1 = -1$. Bude-li se faktor A nacházet v horní úrovni A_2 , hodnota x_1 bude rovna $x_1 = 1$. Dále tedy zavedeme transformované veličiny x_2 pro faktor B , x_3 pro faktor C a následně také pro všechny jejich kombinace.

Je třeba také vypočítat v každém sloupci průměrné hodnoty naměřených délek dle vztahu (3.14)

$$\bar{y}_i = \frac{R_i}{r} = \frac{\sum_{i=1}^r y_i}{r} \quad (3.14)$$

Pokud budeme předpokládat lineární matematický model procesu, bude výsledná rovnice ve tvaru (3.15)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (3.15)$$

Kde $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ jsou konstanty, jejichž odhad bude označován jako b_0, b_1, \dots, b_n . Tyto koeficienty lze spočítat dle vztahů (3.16) a (3.17)

$$b_0 = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d \overline{y_i} \quad (3.16)$$

$$b_k = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d x_{k,i} \cdot \overline{y_i} \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (3.17)$$

Přičemž vztah (3.17) lze nahradit také vztahy (3.18) využívajícími odhadu vlivu jednotlivých faktorů

$$b_1 = \frac{Z_A}{d \cdot r}, \quad b_2 = \frac{Z_B}{d \cdot r}, \quad b_3 = \frac{Z_C}{d \cdot r}, \text{ atd.} \quad (3.18)$$

Počet konstant b je stejný jako počet naměřených hodnot. Vypočtené hodnoty konstant nyní dosadíme do vztahu (3.20), který popisuje matematický model aproximující závislost výstupního parametru \tilde{y} na transformovaných vstupních parametrech.

$$\tilde{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n \quad (3.20)$$

Dosazením vypočtených konstant dostáváme

$$\tilde{y} = 0,493 + 0,098x_1 - 0,164x_2 - 0,0355x_3 + 0,023x_4 + 0,0005x_5 - 0,0105x_6 - 0,0045x_7$$

Faktory, které jsme určili jako statisticky nevýznamné (viz kapitola 3.3.3), budou tedy dále zanedbány. Do vztahu (3.20) dosadíme veličiny x_i zpětně transformované dle vztahu (3.13), místo označení vstupních veličin A, B, C použijeme jejich skutečné značení a dostaneme hledaný lineární model

$$l = 0,911 + 1,943 \cdot 10^{-3} v - 0,0279 Q - 3,55 \cdot 10^{-4} p + 1,54 \cdot 10^{-4} vQ ,$$

kde v je rychlost posuvu tkaniny, Q je intenzita plamene a p plošná hmotnost textilie.

3.3.5 Testování kvality modelu

Podobně jako byl testován statistický význam vazeb mezi faktory, je nyní nutné otestovat získaný matematický model. Pokusíme se tedy zjistit, zda odchylka tohoto vztahu od skutečné závislosti reprezentované naměřenými hodnotami nepřesáhne kritickou mez. Vypočítáme si tedy součet čtverců odchylek získané funkce, pro který platí:

$$S = \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^r (y_{i,j} - b_0 - b_1 x_{1,i} - \dots - b_n x_{n,i})^2 \quad (3.21)$$

$$S = 0,0149$$

Použijeme hodnotu reziduálního rozptylu S_r dle (3.10) a dosadíme do vzorce (3.22) pro výpočet *testové charakteristiky* F modelu.

$$F = \frac{\frac{S}{d \cdot r - n - 1}}{\frac{S_r}{v}} \quad \text{pro } d \cdot r > n + 1 \quad (3.22)$$

$$\bar{F} = 1,4$$

Vypočtenou *testovou charakteristiku* porovnáme s kritickou hodnotou nalezenou v tabulkách pro

$$F_{0,95}[(d.r - n - 1), \nu],$$

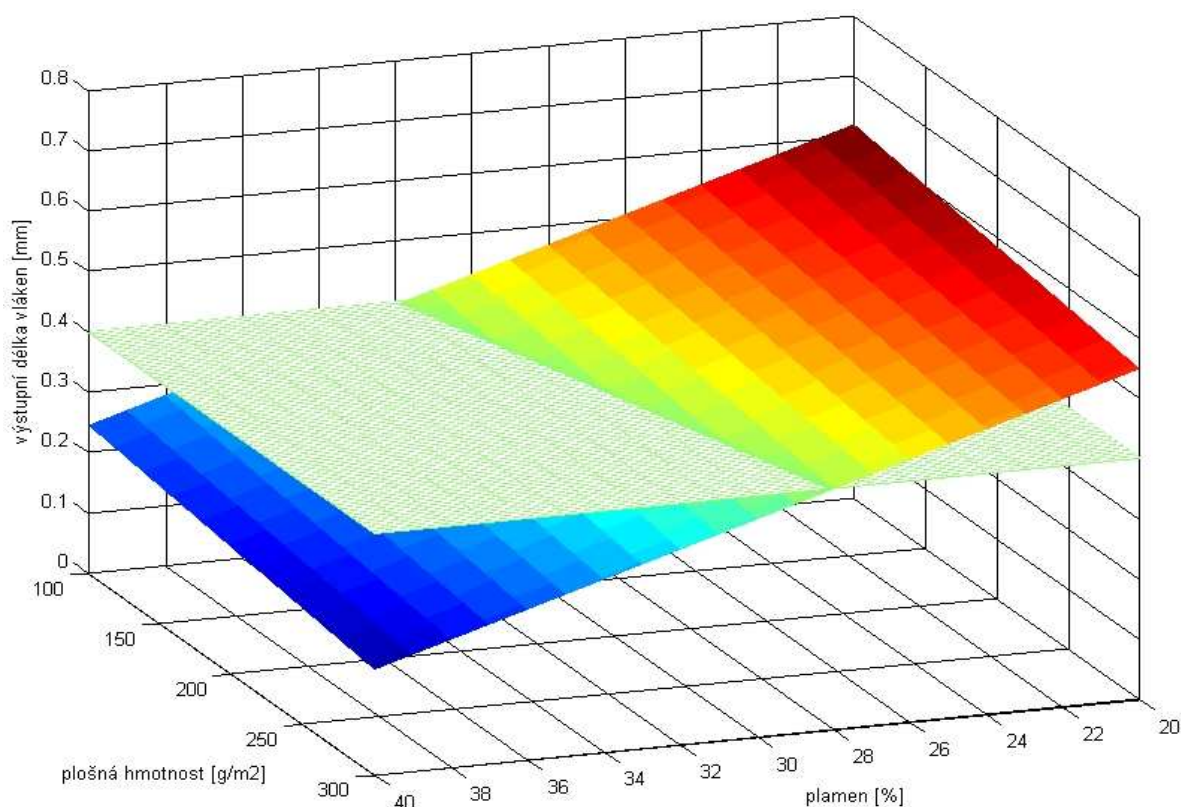
která je v našem případě

$$F_{0,95}(36, 32) \approx 1,8 .$$

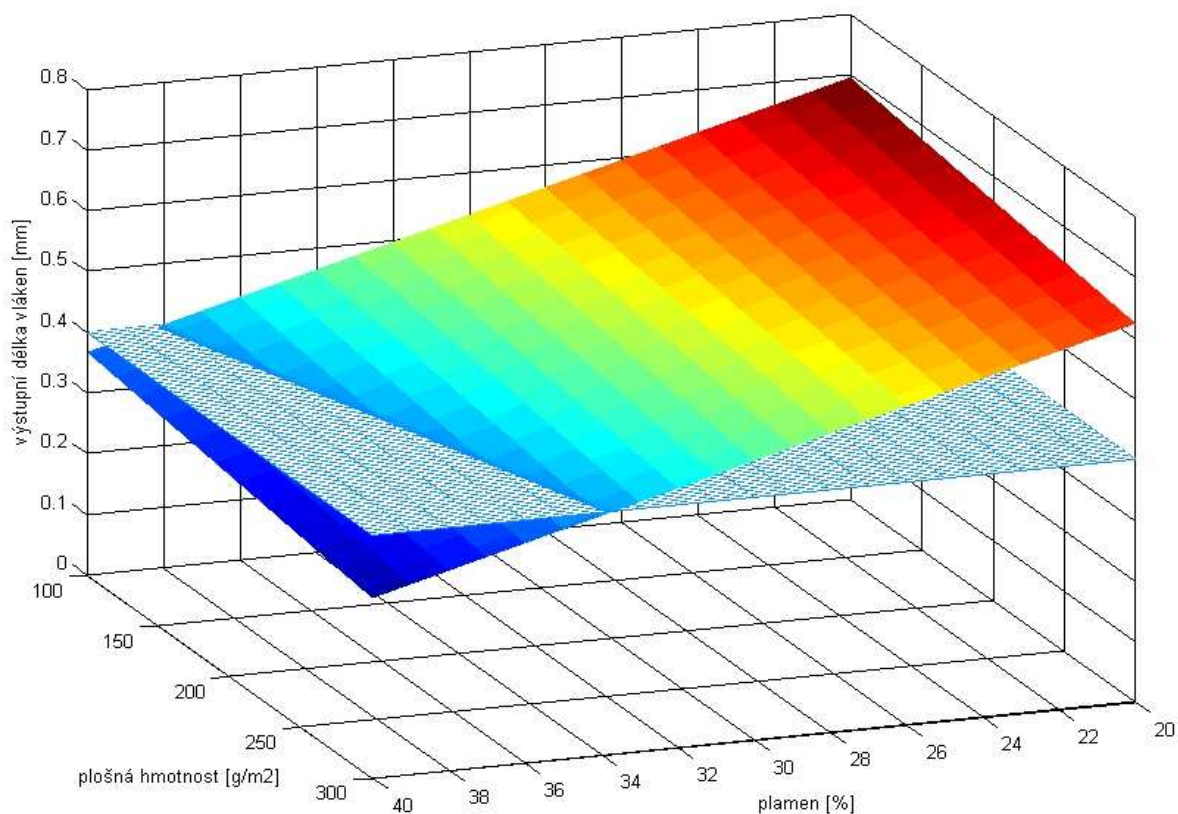
Nyní lze říci, že odchylka aproximačního vztahu od skutečné závislosti je statisticky nevýznamná, neboť hodnota testové charakteristiky modelu nepřekročí kritickou mez danou tabulkovou hodnotou. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ je tedy získaný matematické model vyhovující.

3.3.6 Grafické zobrazení funkční závislosti

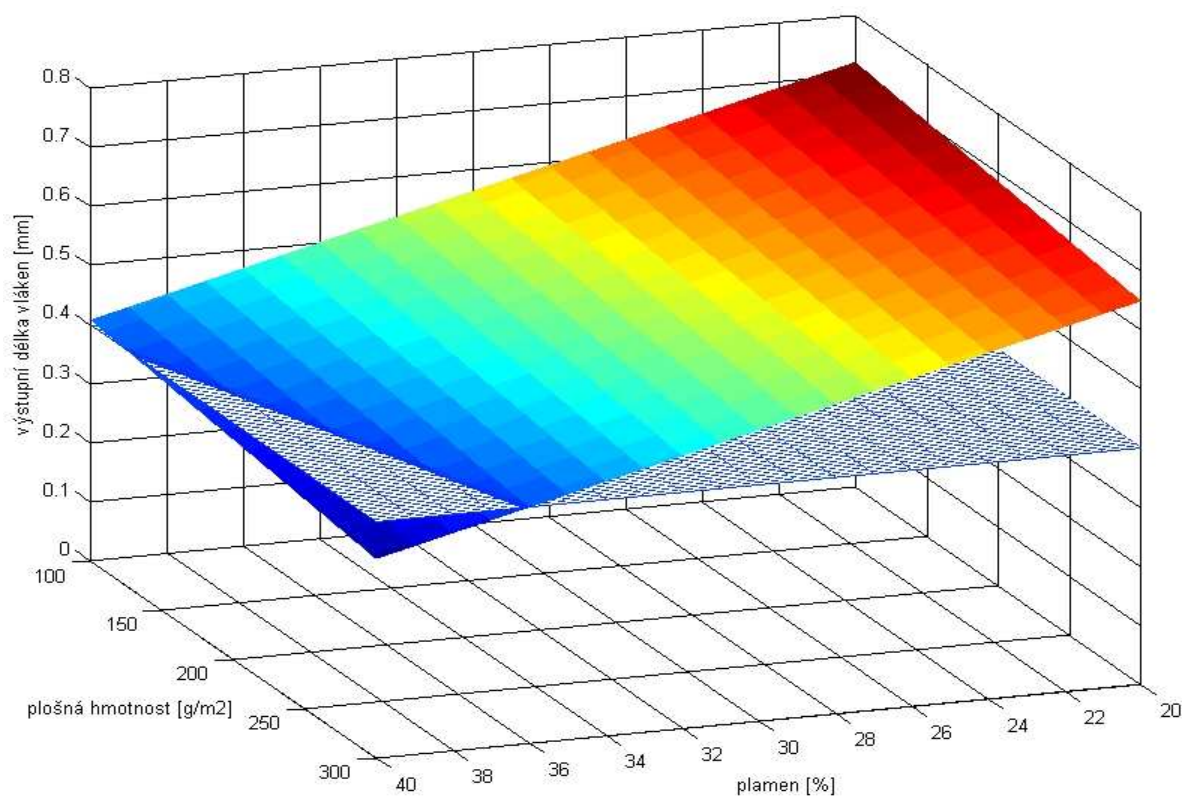
Získáním matematického modelu závislosti nastavení stroje na výstupní hodnotě délky vláken lze nyní zobrazit vliv jednotlivých faktorů ve 3D prostoru. Grafy (Obr. 14, 15, 16) ukazují, ve které části prostoru se budou nacházet souřadnice intenzity plamene, plošné hmotnosti a výstupní délky vláken při nastavení různých konstantních rychlostí. Vodorovná plocha zobrazuje požadovanou hodnotu délky vláken po opálení. V místě průsečíku těchto dvou ploch se nachází hodnoty optimálního nastavení vstupních parametrů. Funkci pro výpočet nastavení jednotlivých faktorů pro získání požadovaného stupně opálení lze tedy jednoduše získat vyjádřením konkrétního parametru při dosažení výstupní hodnoty $l = 0,4 \text{ mm}$.



Obr. 14 - Závislost délky vláken po opálení na plošné hmotnosti a intenzitě plamene při konstantní rychlosti 60 m/min



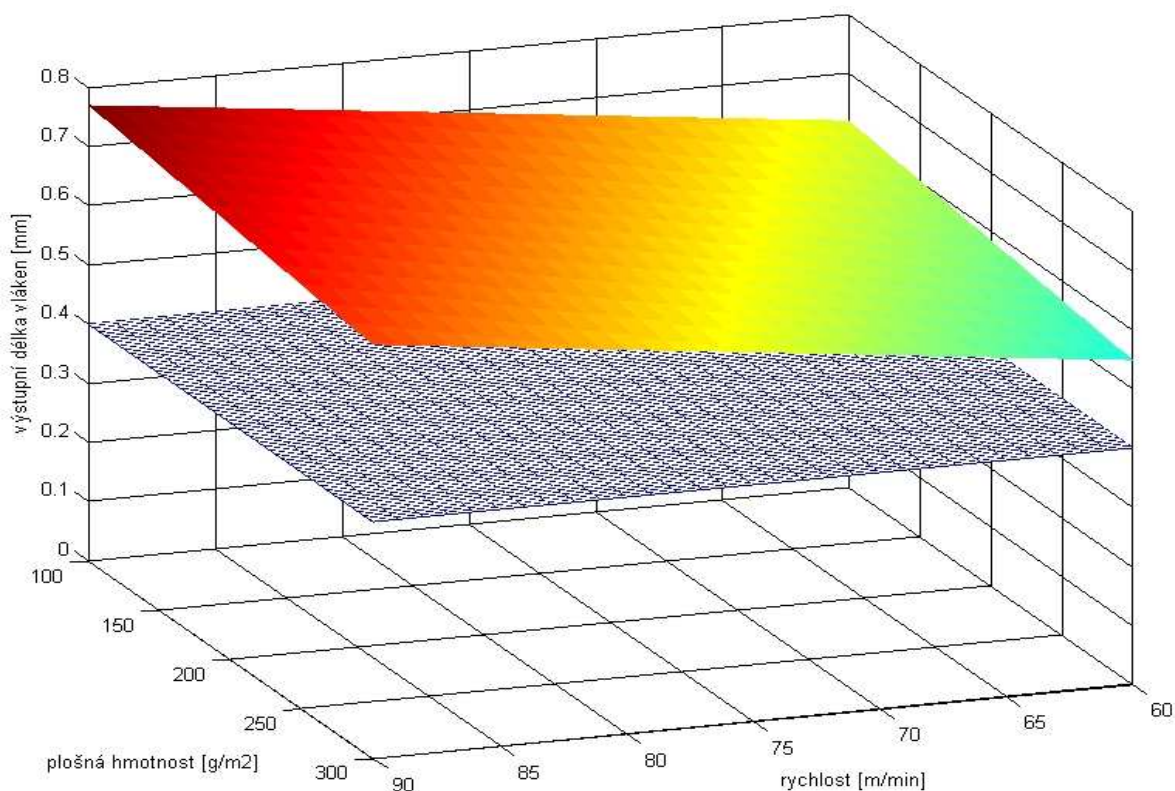
Obr. 15 – Závislost délky vláken po opálení na plošné hmotnosti a intenzitě plamene při konstantní rychlosti 75 m/min



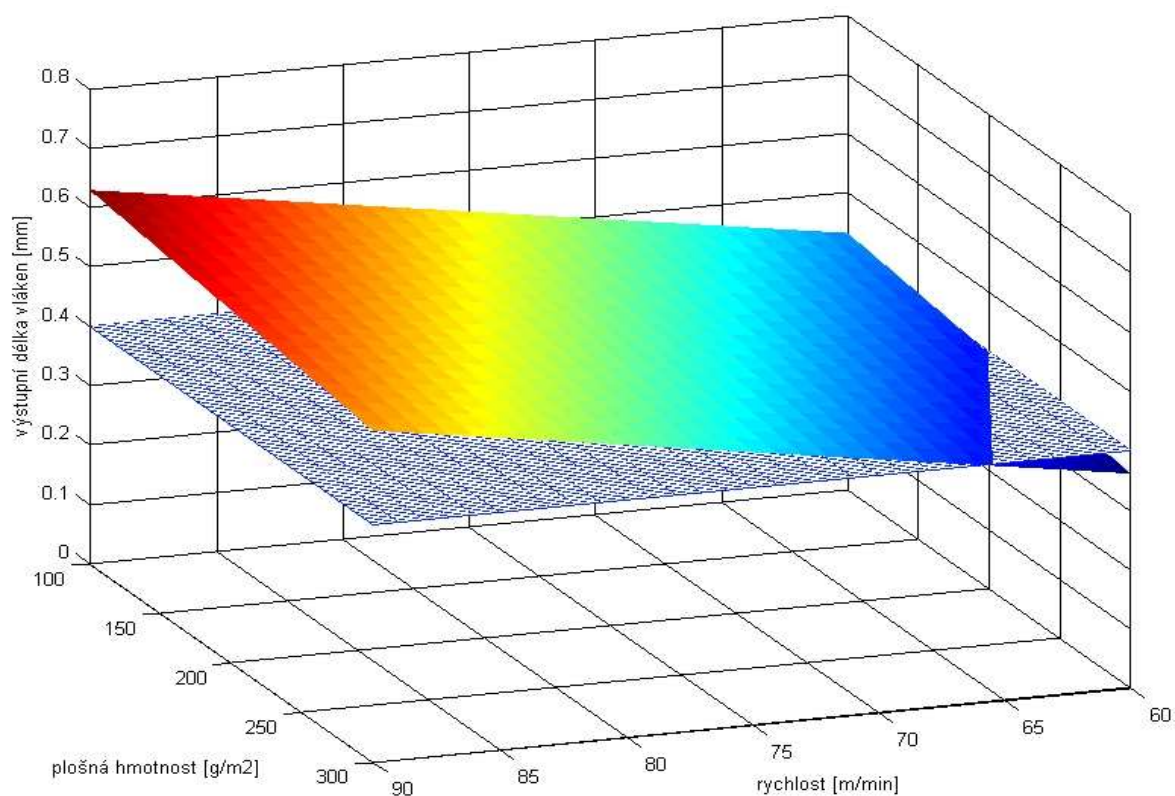
Obr. 16 - Závislost délky vláken po opálení na plošné hmotnosti a intenzitě plamene při konstantní rychlosti 80 m/min

Z grafů je dobře patrný vliv změny rychlosti posuvu tkaniny na nastavení intenzity plamene při různých plošných hmotnostech textilie. Z posledního grafu (Obr.16) je zřejmé, že hodnota nastavené rychlosti je při některých kombinacích nastavení intenzity plamene a vstupní plošné hmotnosti příliš vysoká. Plocha funkce, reprezentující závislost vstupních proměnných, rovinnu požadované délky v některých místech vůbec neprotíná. Je zde proto nutné snížit rychlost, nebo zvýšit intenzitu plamene.

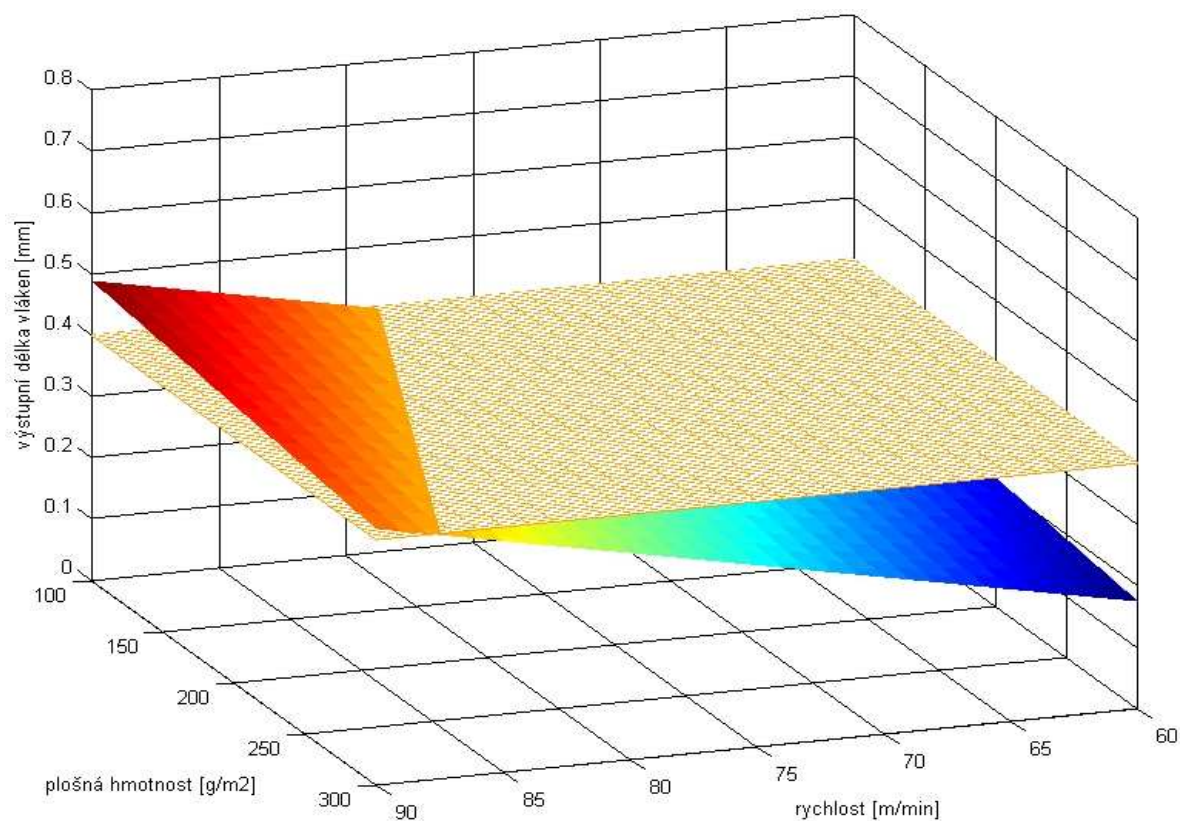
V dalších grafech (Obr. 17, 18, 19) je vynesena závislost rychlosti a plošné hmotnosti na výstupní délce vláken. Z prvního grafu (Obr.17) je tentokrát vidět, že pokud bychom chtěli textílii, která spadá do daného rozsahu plošných hmotností, opalovat při nastavení intenzity plamene na 20%, museli bychom výrazně snížit rychlost. Opět je patrná mírná změna sklonu plochy, což zde značí, že při nastavení nízké intenzity plamene a daném rozmezí rychlostí není stroj schopen požehnout odstávající vlákna v příliš širokém intervalu výstupních délek. Toto rozmezí se zvětšuje s narůstající intenzitou plamene.



Obr. 17 - Závislost délky vláken po opálení na plošné hmotnosti a rychlosti při intenzitě plamene nastavené na 20%

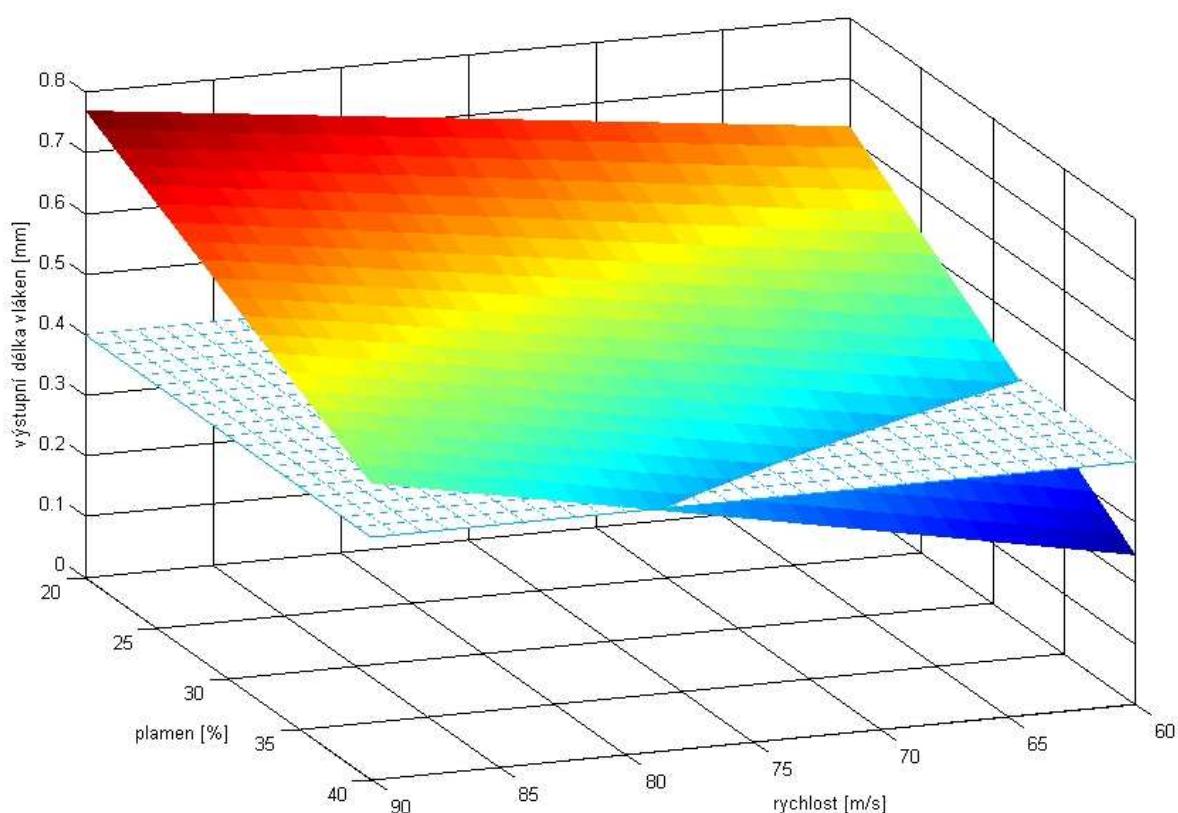


Obr. 18 - Závislost délky vláken po opálení na plošné hmotnosti a rychlosti při intenzitě plamene nastavené na 30%

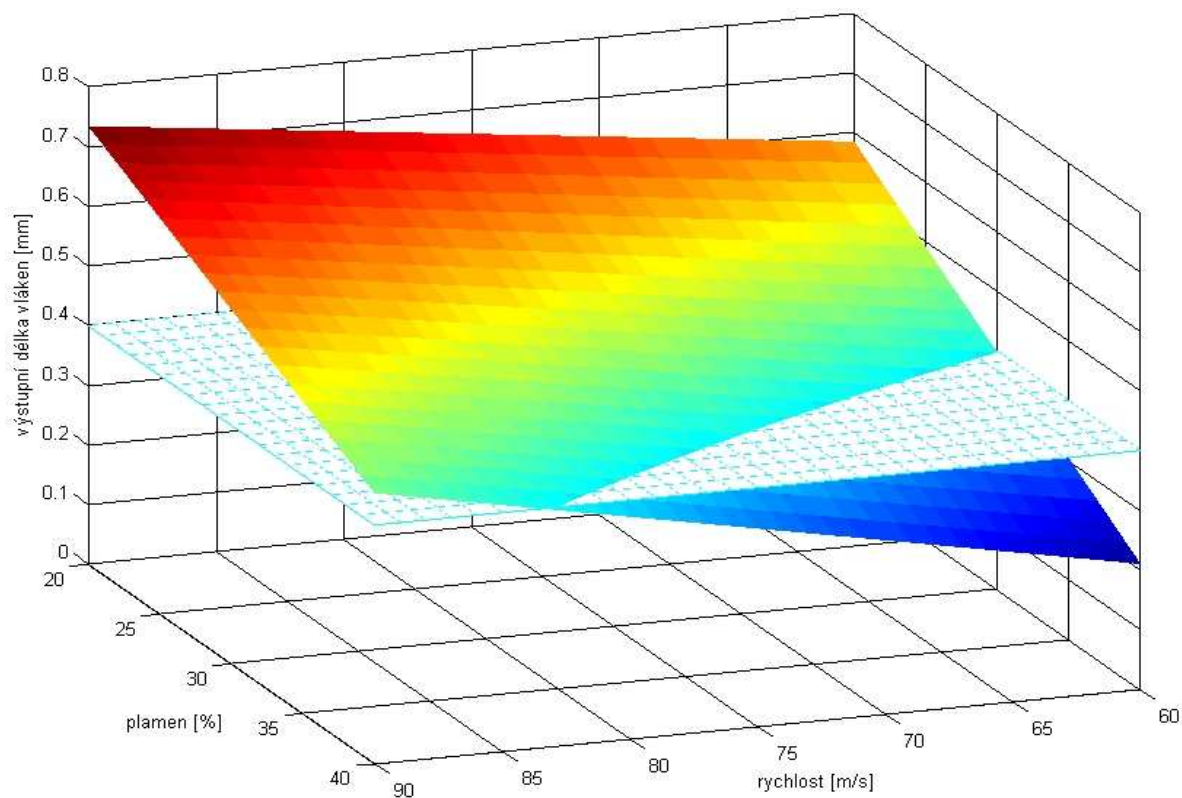


Obr. 19 - Závislost délky vláken po opálení na plošné hmotnosti a rychlosti při intenzitě plamene nastavené na 40%

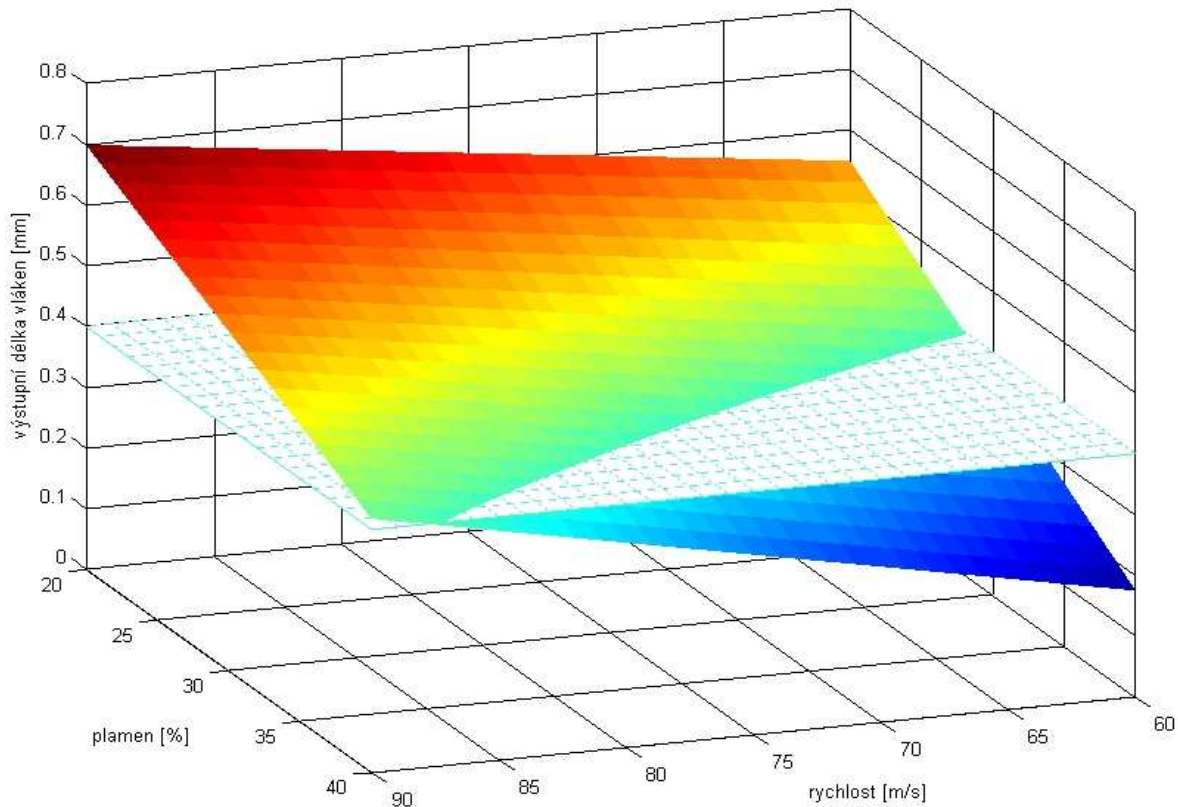
Plošná hmotnost je veličina, která výstupní délku odstávajících vláken ovlivňuje ze všech tří vstupních parametrů nejméně. Je to patrné z následujících grafů (Obr. 20, 21, 22). Zde je zřetelné, že zdvojnásobení plošné hmotnosti nebude mít na změnu nastavení plamene a rychlosti zásadní vliv. Korekce rychlosti či plamene bude v tomto případě minimální. Ověřili jsme si tedy domněnku, že plošná hmotnost jako vstupní parametr není zanedbatelná, ale její vliv na stupeň opálení je velmi malý. Oproti tomu se v požehovacím procesu na výstupu nejzásadněji projeví změna intenzity plamene.



Obr. 20 – Závislost výstupní délky vláken na rychlosti posuvu tkaniny a intenzitě plamene při konstantní plošné hmotnosti 100 g/m²



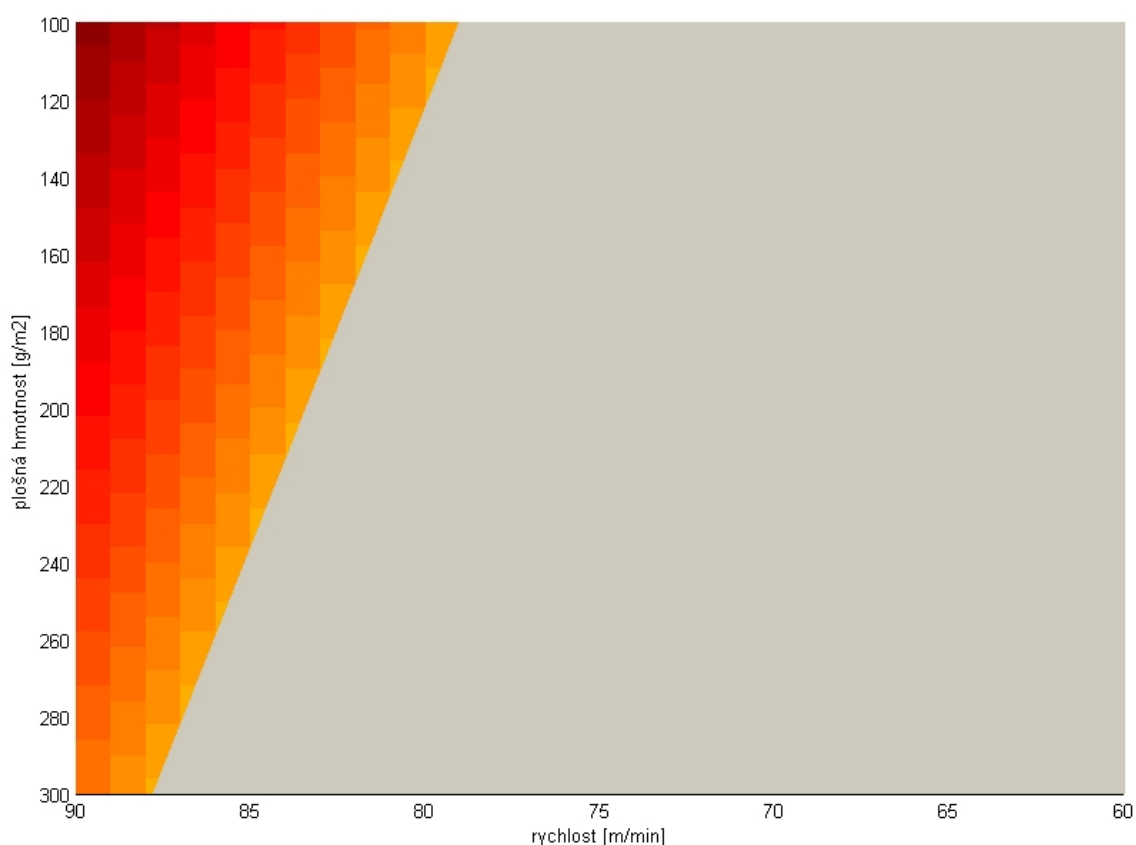
Obr. 21 - Závislost východní délky vláken na rychlosti posuvu tkaniny a intenzitě plamene při konstantní plošné hmotnosti 200 g/m²



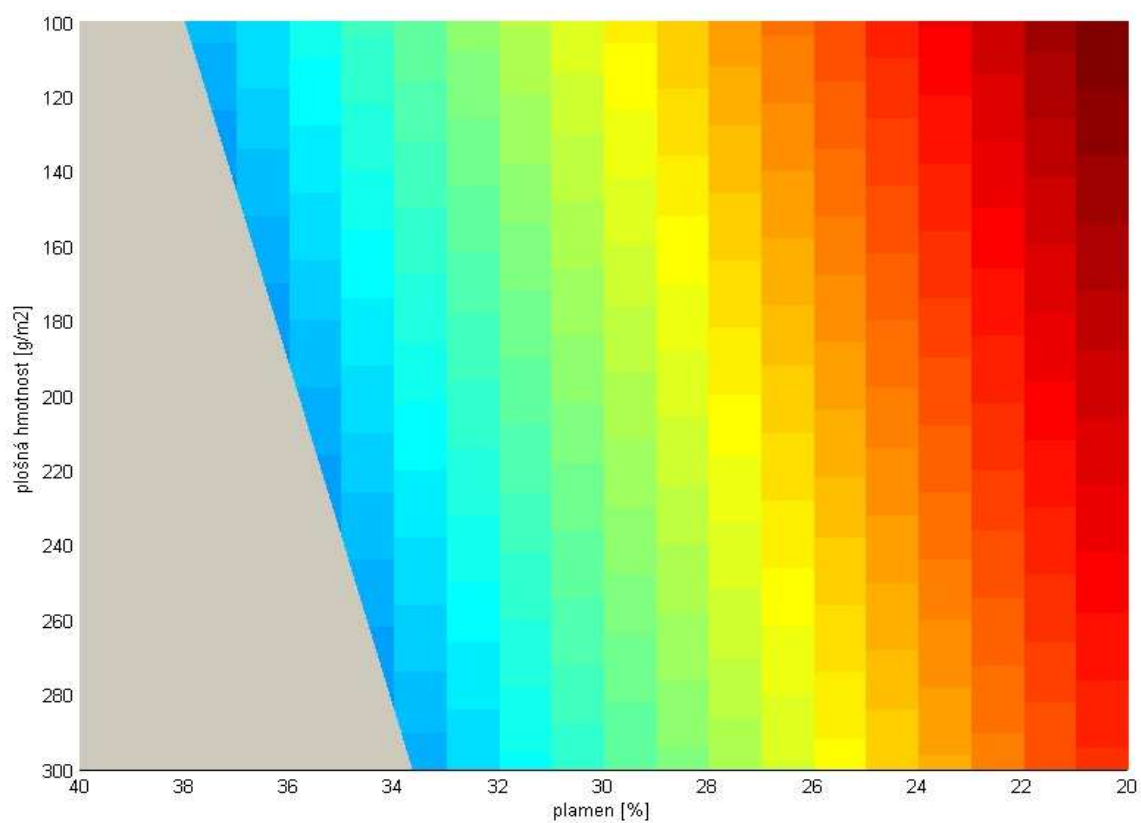
Obr. 22 - Závislost východní délky vláken na rychlosti posuvu tkaniny a intenzitě plamene při konstantní plošné hmotnosti 300 g/m²

Z grafických zobrazení jsou dobře rozeznatelné vlivy jednotlivých faktorů. Zatímco při změně nastavení plamene o 10 % změní plocha daná získanou funkcí svou polohu na ose výstupní délky vláken směrem dolů, změna plošné hmotnosti ovlivňuje stupeň opálení řádově mnohem méně.

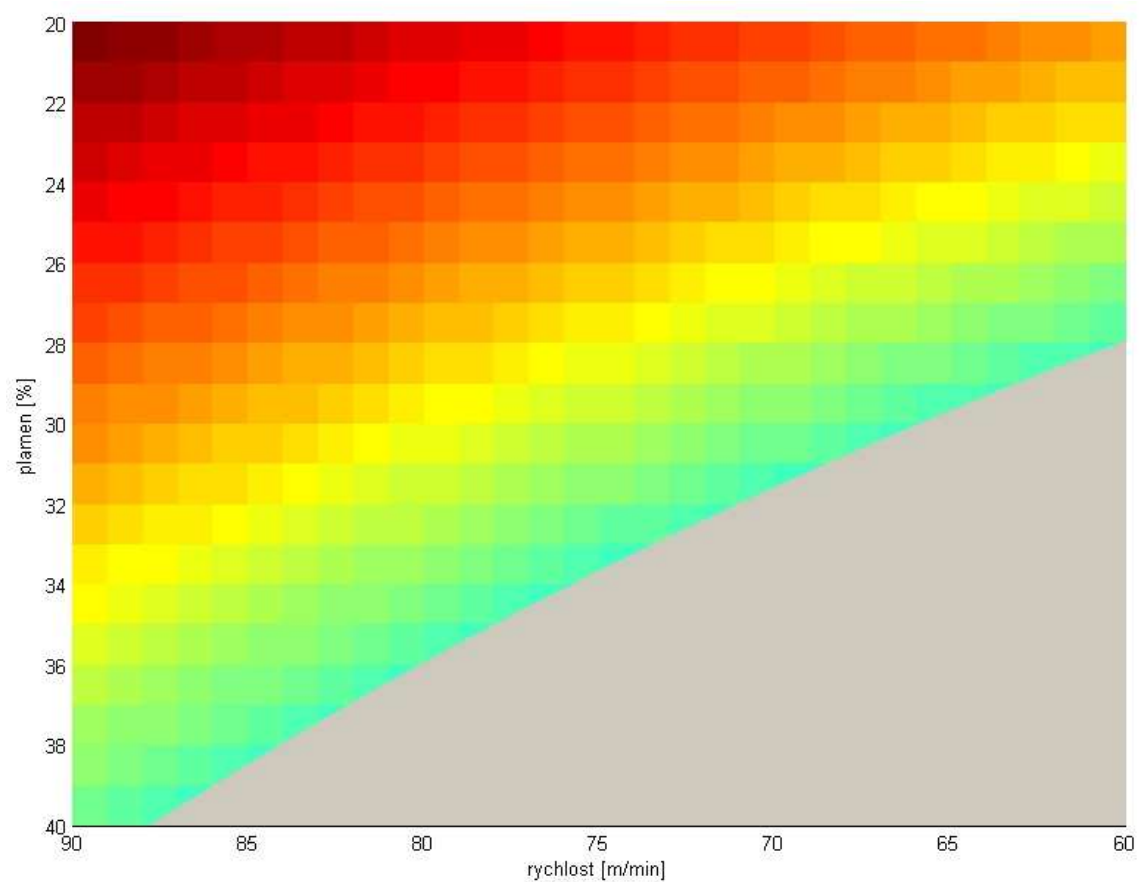
Dalším nepřehlédnutelným faktem je druh vzájemné závislosti dílčích vstupních faktorů, kterou lze pozorovat v místech protnutí plochy námi vypočtené funkce s rovinou požadované výstupní hodnoty. Následující grafy jsou z pohledu kolmo na rovinu požadované délky vláken. Závislost rychlosti na plošné hmotnosti lze z grafu považovat za lineární (Obr. 23) stejně jako závislost intenzity plamene na plošné hmotnosti textilie (Obr. 24). Z grafu závislosti nastavení intenzity plamene na rychlosti posuvu tkaniny (Obr. 25) můžeme ovšem usuzovat na závislost nelineární. Pro skutečné nastavování stroje Parex-Mather bude vzájemný vliv těchto dvou vstupních veličin nejvíce podstatný.



Obr. 23 – Závislost plošné hmotnosti na nastavení rychlosti posuvu textilie



Obr. 24 – Závislost plošné hmotnosti na nastavení intenzity plamene

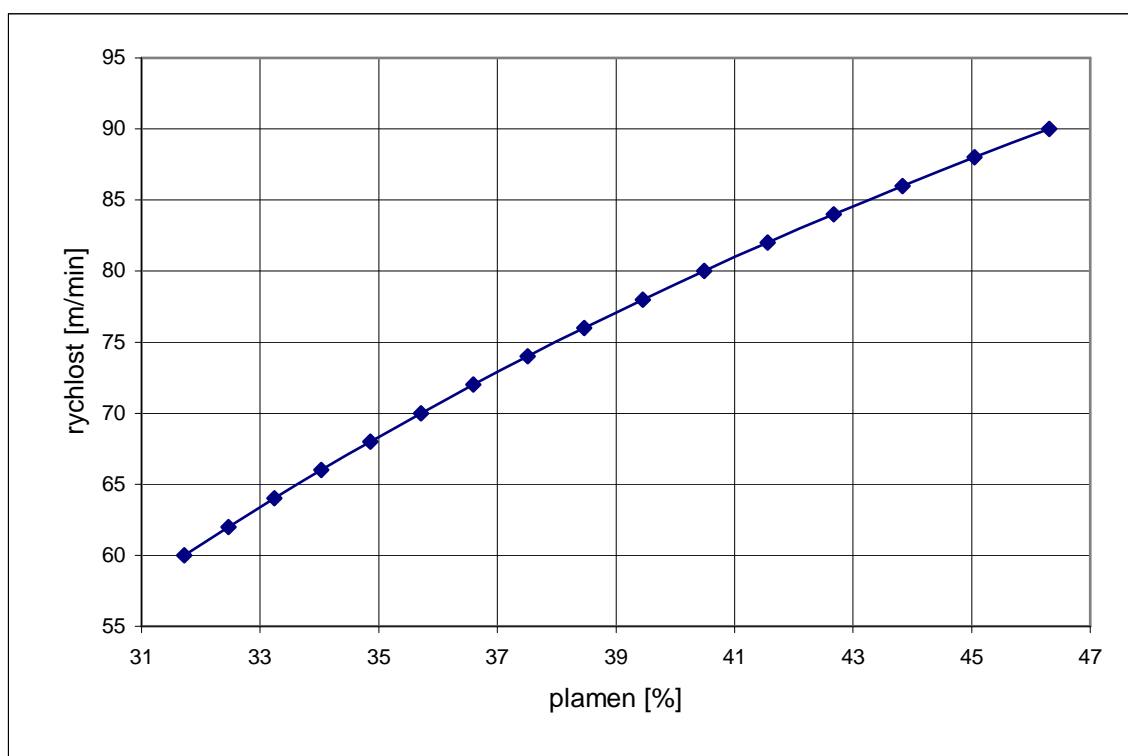


Obr. 25 – Závislost nastavení intenzity plamene na rychlosti posuvu textilie

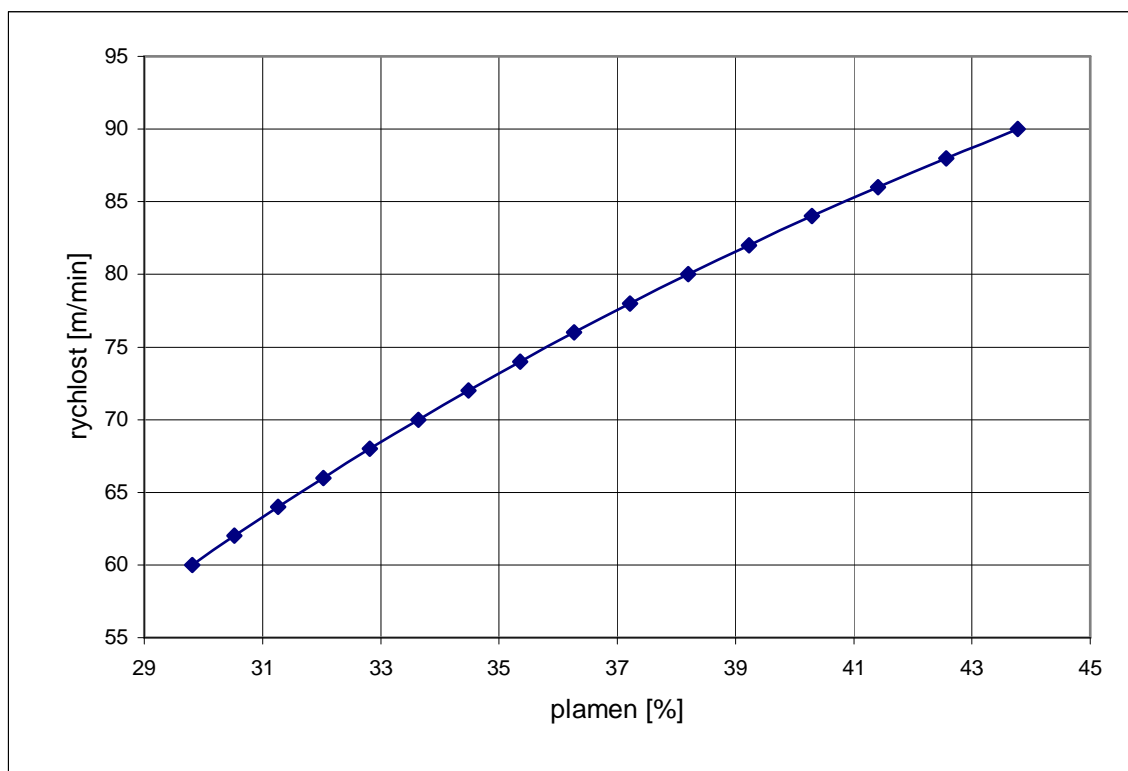
Jelikož obsluha stroje Parex-Mather potřebuje vědět, na kolik procent je třeba nastavit otevření ventilů přívodu plynu Q při známé plošné hmotnosti p a zvolené rychlosti v , byla intenzita plamene vyjádřena ze získaného matematického modelu ve tvaru (3.23).

$$Q = \frac{(2,31 * p) - 5602,72}{v - 181,169} - 12,61 \quad (3.23)$$

Z této funkce lze již vypočítat optimální nastavení vstupních parametrů pro výstupní délku odstávajících vláken $l = 0,4 \text{ mm}$. Správnost rovnice je ověřena graficky na Obr. 25, ze kterého je možné odečíst optimální nastavení plamene v závislosti na rychlosti posuvu tkaniny při plošné hmotnosti 100 g/m^2 . Na Obr. 26 je ještě ukázka stejné závislosti pro hodnotu plošné hmotnosti 200 g/m^2 . Vliv změny plošné hmotnosti na hodnotách nastavení plamene a rychlosti je dobře patrný.



Obr. 26 – Závislost rychlosti na intenzitě plamene při plošné hmotnosti 100 g/m^2



Obr. 27 – Závislost rychlosti na intenzitě plamene při plošné hmotnosti 200 g/m^2

3.4 Návrh automatické regulace intenzity plamene

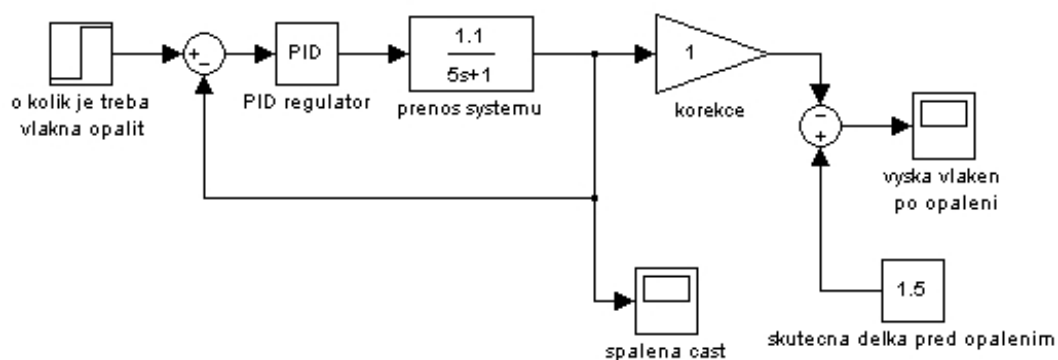
V předchozích kapitolách bylo na modelových hodnotách ukázáno, jak bychom určili nastavení vstupních parametrů výpočtem tak, abychom získali požadovanou hodnotu délky vláken. Toto řešení je v praxi využitelné, avšak znamená, že obsluha musí nastavovat stroj manuálně na konstantní hodnoty vstupních proměnných.

Pro dosažení konstantní délky vláken po opálení je však nejlepší použít automatickou regulaci intenzity plamene. V tomto návrhu bylo vycházeno z předpokladu, že přenos systému je prvního řádu, regulovaná veličina je procento otevření servoventilů přívodního plynového potrubí – tedy intenzita plamene, rychlost je nastavována manuálně a plošná hmotnost tkaniny je zanedbána. Pro ověření dynamického chování navrženého způsobu regulace byl realizován simulační model v prostředí MATLAB - SIMULINK.

Délka odstávajících vláken by mohla být měřena dvěma optickými snímači v podobě CCD kamer (například řádkové CCD kamery). První snímač by byl umístěn na vstupu tkaniny do stroje mezi kartáčovací a opalovací jednotkou. Druhý snímač by se nacházel na výstupu klepací jednotky, aby byla měřena délka vláken již bez nečistot vzniklých spalováním.

Jelikož nastavení plamene je nepřímo úměrné výstupní délce odstávajících vláken, bylo nutné zvolit jako akční člen rozdíl skutečné délky vláken na vstupu a požadované délky vláken na výstupu. Znamená to, že přijde-li ze vstupního vyhodnocovacího zařízení informace, že délka vláken před opálením je například $l_0 = 1,5 \text{ mm}$, ventily hořáků budou pootevřeny tak, aby délka spálených částí vláken byla $1,1 \text{ mm}$.

Simulační model je znázorněn na Obr. 28.



Obr. 28 – Návrh simulačního modelu

Přenosová funkce vznikne po identifikaci opalovacího zařízení, které lze popsat diferenciální rovnicí (3.24). Z této rovnice je vztahy (3.25) odvozena i výsledná přenosová funkce (3.27) kde Y je délka opálených vláken a X intenzita plamene.

$$\frac{dy(t)}{dt} \cdot T_1 + y(t) = K \cdot x(t) \quad (3.24)$$

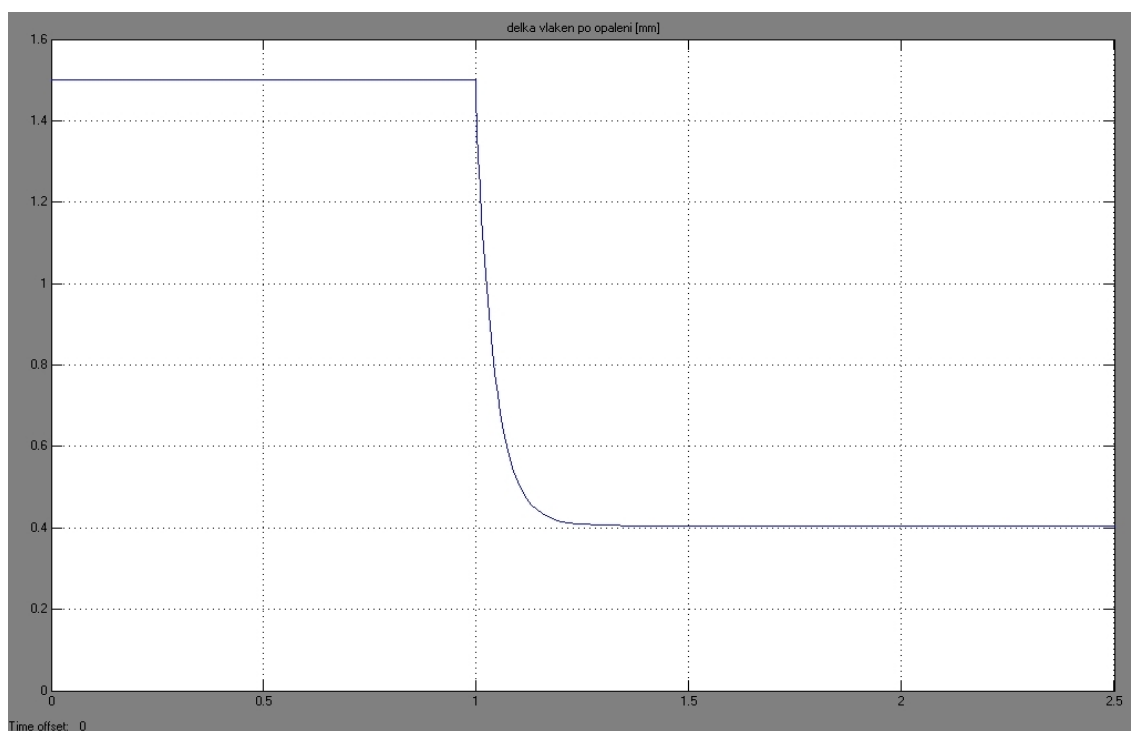
$$T_1 s \cdot Y(s) + Y(s) = K \cdot X(s) \quad (3.25)$$

$$(T_1 s + 1) Y(s) = K \cdot X(s) \quad (3.26)$$

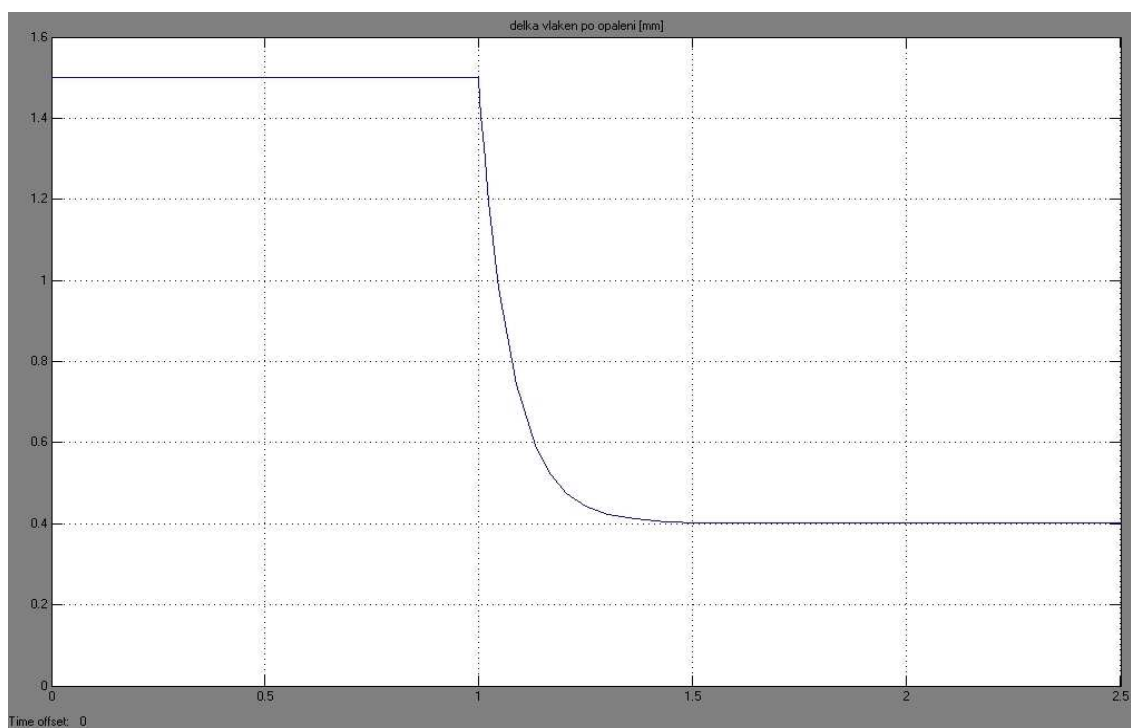
$$\frac{Y(s)}{X(s)} = F(s) = \frac{K}{T_1 s + 1} \quad (3.27)$$

Časová konstanta T_1 modeluje v simulačním modelu vliv rychlosti posuvu tkaniny na intenzitu plamene. Je to vlastně doba, za kterou se určitý bod textilie dostane od místa kontaktu s plamenem ke výstupnímu snímači délky vláken. Zesílení K reprezentuje délku spálené části vláken. Nastavení složek PID regulátoru bylo zjištěno metodou kritického zesílení. Proporcionální a integrační složku však bylo nutné snížit, neboť v zobrazené charakteristice docházelo k výraznému překmitnutí.

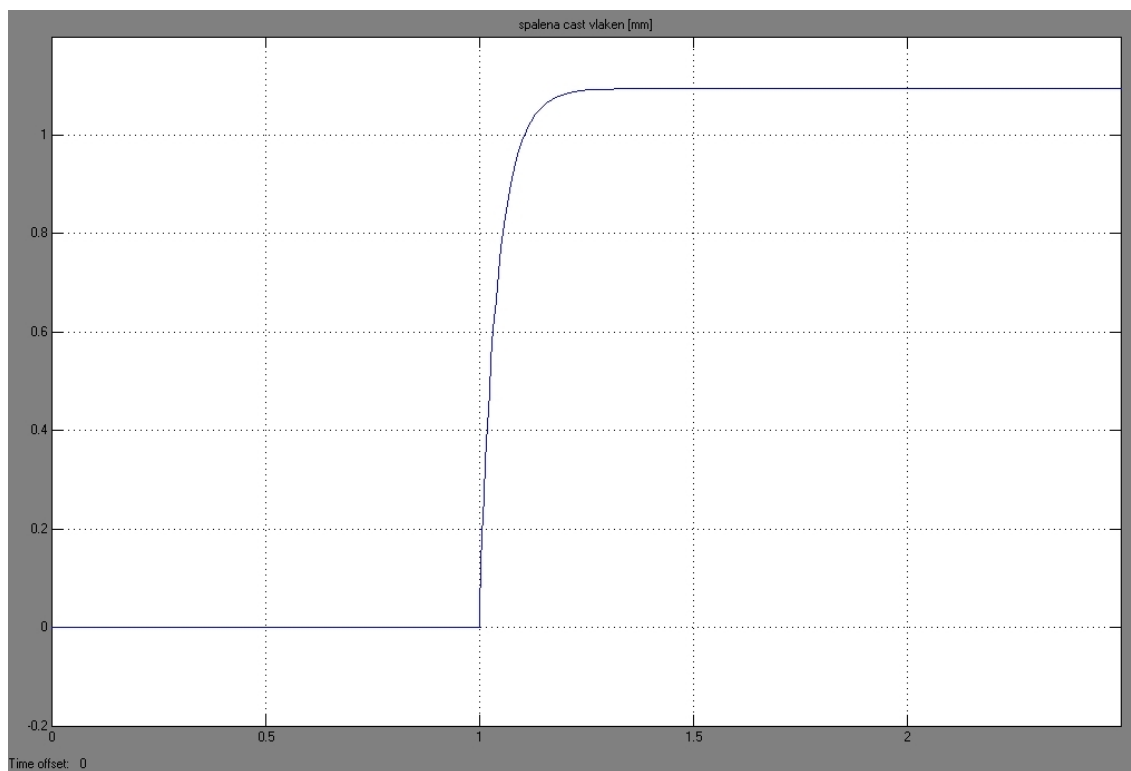
Dynamické chování regulované soustavy pro dvě nastavení rychlosti posuvu tkaniny je na Obr. 29 až 32.



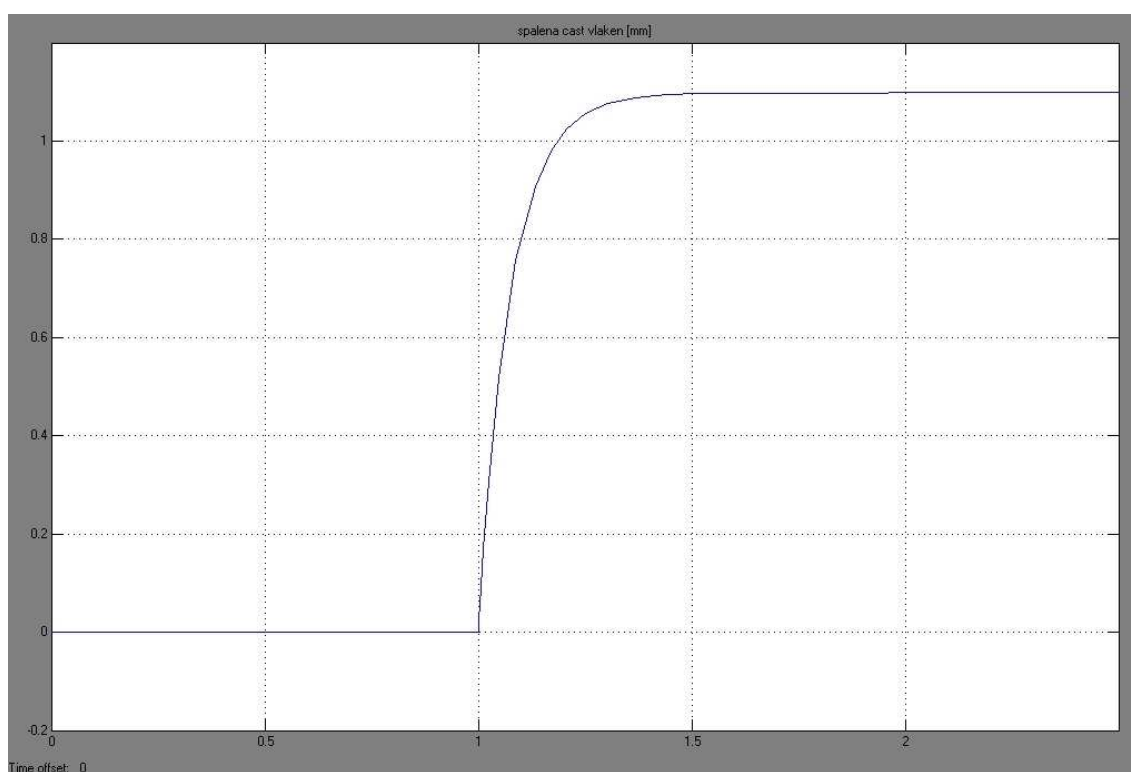
Obr. 29 – Délka vláken po opálení při v_1



Obr. 30 – Délka vláken po opálení při $v_2 < v_1$



Obr. 31 – Délka spálené části vláken při v_1



Obr. 32 – Délka spálené části vláken při $v_2 < v_1$

4. Diskuse výsledků

4.1 Zjištění optimálního nastavení vstupních parametrů

4.1.1 Efekt faktoru

Výpočtem efektu faktorů bylo zjištěno, do jaké míry změna každého ze vstupních parametrů ovlivňuje výstupní hodnotu délky odstávajících vláken. Vypočtené hodnoty efektů faktorů:

$Z_A = 3,92$
$Z_B = -6,56$
$Z_C = -1,42$
$Z_{AB} = 0,92$
$Z_{AC} = -0,42$
$Z_{BC} = 0,02$
$Z_{ABC} = -0,18$

Z výsledků je patrné, který faktor ovlivňuje výsledek procesu více, a který méně. Zde má největší efekt intenzita plamene $|F_B|$, což znamená, že její změna se bude nejvýznamněji podílet na výsledné délce odstávajících vláken.

4.1.2 Selektce statisticky nevýznamných členů

Testem statistické významnosti byly získány hodnoty testových charakteristik jednotlivých faktorů a jejich interakcí, které byly porovnávány s kritickou hodnotou určenou z tabulek kvantilů pro Fischerovo rozdělení. Výsledky výpočtu jsou následující:

$$F_{0,95}(1, \nu) \approx 4,1$$

$F_A = 1301,69$	$4,1 < F_A$
$F_B = 3647,46$	$4,1 < F_B$
$F_C = 170,85$	$4,1 < F_C$
$F_{AB} = 71,73$	$4,1 < F_{AB}$
$F_{BC} = 0,034$	$4,1 > F_{BC}$
$F_{AC} = 1,49$	$4,1 > F_{AC}$
$F_{ABC} = 2,75$	$4,1 > F_{ABC}$

Další postup byl takový, že faktory, které nepřekročily kritickou mez byly vyloučeny, neboť jejich vliv je v procesu požehování zanedbatelný.

4.1.3 Získání matematického modelu závislosti vstupních proměnných na výstupu

Nejprve byly vypočteny hodnoty konstant pro statisticky významné faktory:

$b_0 = 0,493$
$b_1 = 0,098$
$b_2 = -0,164$
$b_3 = -0,0355$

Následně byly konstanty dosazeny do rovnice (3.20), transformované proměnné byly dle (3.13) převedeny zpět a získaná funkce má tvar:

$$l = 0,911 + 1,943 \cdot 10^{-3} v - 0,0279 Q - 3,55 \cdot 10^{-4} p + 1,54 \cdot 10^{-4} vQ$$

Model byl navíc statisticky ověřen, čímž jsme dospěli k závěru, že pro zjištění závislosti vstupních proměnných a výstupního parametru je tento model vhodný.

V grafickém zobrazení výsledné funkce byly prokázány požadované závislosti a z funkce byla pro potřebu obsluhy stroje vyjádřena intenzita plamene. Ze tvaru:

$$Q = \frac{(2,31 * p) - 5602,72}{v - 181,169} - 12,61$$

je již možné vypočítat nastavení vstupních parametrů stroje pro konkrétní plošnou hmotnost textilie tak, aby výsledná délka odstávajících vláken byla $l = 0,4 \text{ mm}$.

5. Závěr

V této diplomové práci jsme se pokusili vypracovat metodiku zjištění optimálního nastavení vstupních parametrů rychlosti posuvu tkaniny a intenzity plamene při známé plošné hmotnosti textilie pro opalovací stroj Parex-Mather. Pro získání funkce reprezentující závislosti vstupních proměnných na výstupní délce vláken byla zvolena metoda faktorových pokusů typu 2^n .

Vzhledem k tomu, že nebylo možné pro získání matematického modelu závislosti použít naměřené hodnoty, jsou číselné výsledky výpočtů aplikovatelné na stroj Parex-Mather pouze na teoretické úrovni. Hodnoty délky odstávajících vláken po opálení v kapitole 3.1.1. (Tabulka 2) jsou voleny na základě výsledků provedených měření, takže jejich odhad by se mohl blížit skutečným hodnotám délky odstávajících vláken po opálení.

Na demonstračních hodnotách bylo tedy ukázáno, jak bychom měli v případě správně připraveného měření postupovat. Analýza faktorových pokusů také pomohla odhalit pro matematický model statisticky nevýznamné faktory (F_{AC} , F_{BC} , F_{ABC}). Zjišťování statistické významnosti vstupních faktorů dokázalo, že všechny tři vstupní parametry významně ovlivňují výslednou délku odstávajících vláken, čímž byla vyloučena domněnka, že plošná hmotnost má v procesu požehování zanedbatelný vliv. Dále bylo zjištěno, že důležitá je i interakce mezi rychlostí posuvu tkaniny a nastavením intenzity plamene, jejíž vliv je sice menší, než vliv plošné hmotnosti, ale nelze jej zanedbat.

Grafickým zobrazením v kapitole 3.3.6 bylo dokázáno, že nejpodstatnější vliv na výstupní délku odstávajících vláken má intenzita plamene a nejméně výstupní hodnoty ovlivňuje plošná hmotnost textilie. Dále bylo možné z grafů pozorovat chování výstupního parametru při různých změnách nastavení vstupních proměnných. Bylo zajímavé sledovat, v jakém rozmezí nastavených parametrů lze dosáhnout požadované hodnoty délky vláken po opálení, a která kombinace nastavení již není pro dosažení optimálního výsledku vhodná.

V kapitole 3.4 byl navržen simulační model pro automatickou regulaci intenzity plamene v závislosti na rychlosti posuvu tkaniny. Návrh předpokládá užití dvou

optických snímačů v podobě řádkových CCD kamer, které odečítají hodnoty délky vláken před a po opálení. Vyhodnocená délka vláken před opálením je využita pro určení délky, o kterou se mají vlákna opálit, aby na výstupu dosáhla hodnoty 0,4 mm. Vliv rychlosti posuvu tkaniny je realizován v přenosové funkci v podobě dopravního zpoždění T_1 . Dynamika změny této časové konstanty je dobře patrná v grafickém zobrazení kapitoly 3.4.

Seznam použité literatury

1. SIMON, Jaroslav, KVAPIL, Miroslav. *Základy technologie zušlechťování I: Předúprava*. 2. upr. vyd. Liberec : Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1979. 283 s.
2. MACHAŇOVÁ, Dagmar. *Předúprava textilií I*. 1. vyd. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2005. 190 s.
3. PAJGRT, Oldřich, KYSLINGER, Vladimír. *Mechanická technologie zušlechťování pro 4. ročník středních průmyslových škol textilních*. 1. vyd. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1977. 125 s. ISBN 04-813-77.
4. Sdružení pro odbyt dehtových barviv. *Příručka pro textilní barvíře a tiskaře*. Praha : Rapid, 1976. 489 s.
5. MACH, Pavel. *Analýza a syntéza technologických procesů*. Praha : ČVUT, 1990. 240 s.
6. PAREX-MATHER, Plynová opalovací a šlichtovací jednotka: Instrukční manuál, 2005

6. Přílohy

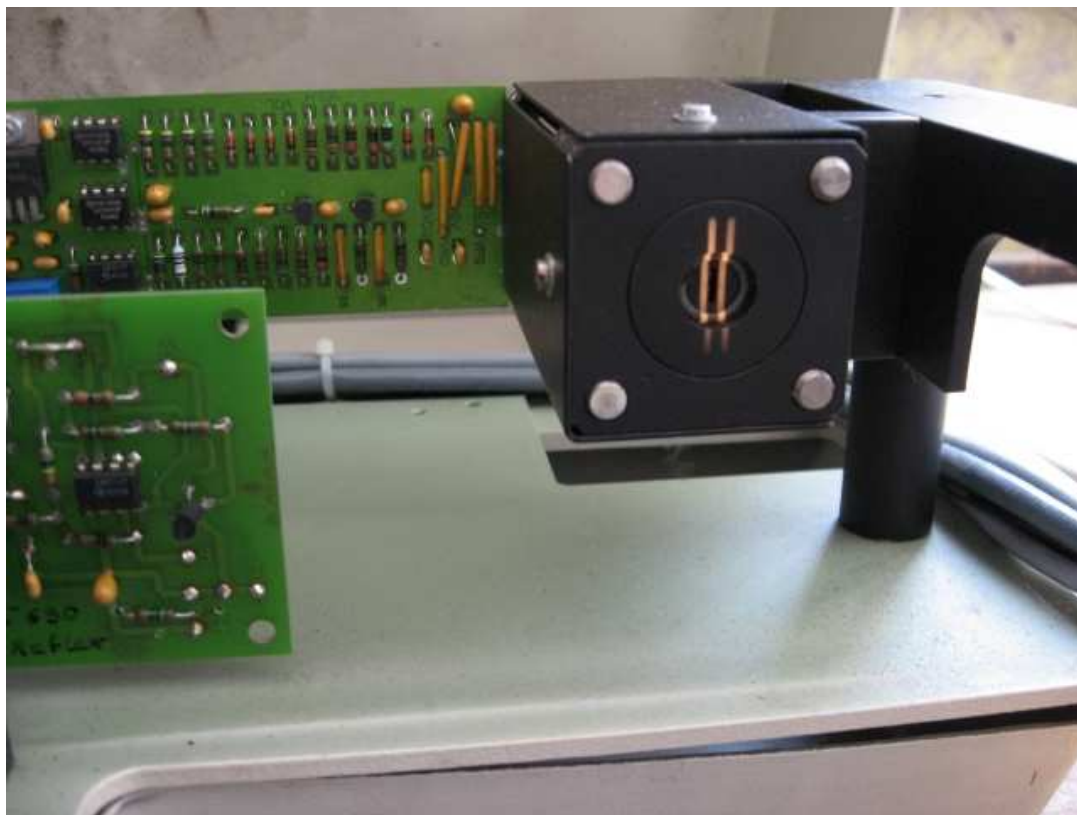
Příloha 1

Měřicí přístroj T690 firmy Zweigle



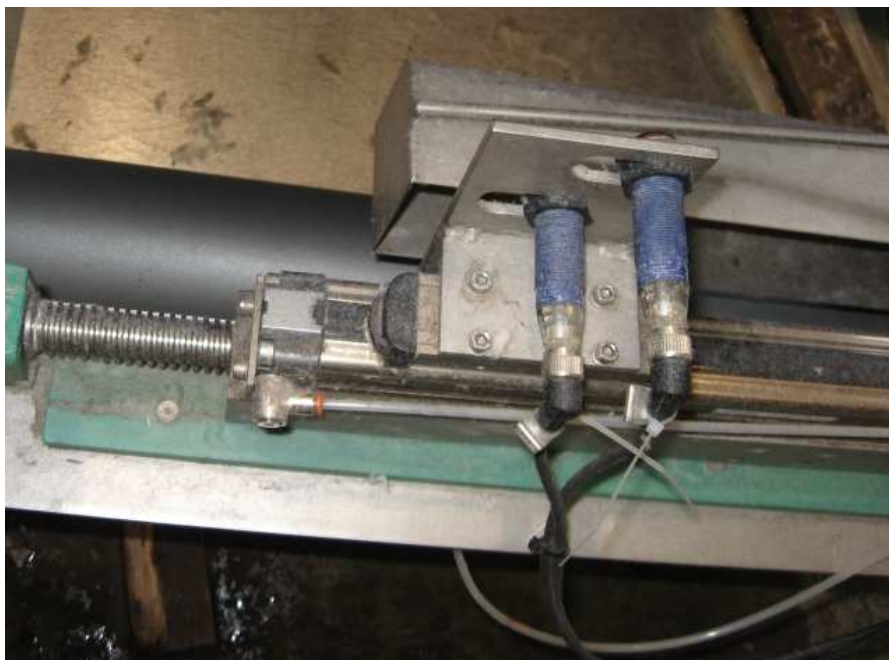
Příloha 1

Měřicí přístroj T690 firmy Zweigle po odkrytí krycích plechů



Příloha 2

Zvlhčovací trysky



Cyklonový filtr



Příloha 2

Impregnační jednotka



Ždímací válce



Příloha 3

Podrobný rozpis naměřených hodnot

Název	Nikola 140	Nikola T140	Nikola 140	Nikola T140	Nikola 160
Plošná hmotnost před [g/m ²]	101	101	101	107	108
Plošná hmotnost po [g/m ²]	96	100	99	98	102
Rychlost	70	70	80	70	80
Plamen	22	22	22	22	22
Délka vláken před [mm]					
1	1.15	1.6	0.78	0.8	0.82
2	1.12	1.4	0.78	0.85	0.8
3	1.1	1.33	0.72	0.95	0.72
4	1.1	1.37	0.68	0.9	0.73
5	1.23	1.55	0.8	0.95	0.74
6	1.2	1.52	0.81	0.95	0.8
7	1.22	1.7	0.8	0.8	0.78
8	1.2	1.65	0.82	0.85	0.85
9	1.13	1.68	0.84	0.85	0.83
10	1.1	1.25	1.11	0.9	0.82
průměr	1.16	1.505	0.814	0.88	0.789
Délka vláken po [mm]					
1	0.3	0.4	0.54	0.31	0.33
2	0.3	0.45	0.54	0.34	0.35
3	0.3	0.25	0.62	0.3	0.4
4	0.35	0.25	0.56	0.31	0.42
5	0.4	0.3	0.48	0.3	0.41
6	0.35	0.3	0.47	0.27	0.8
7	0.4	0.35	0.56	0.25	0.54
8	0.35	0.3	0.52	0.32	0.57
9	0.3	0.35	0.6	0.32	0.58
10	0.35	0.3	0.57	0.28	0.45
průměr	0.34	0.325	0.546	0.3	0.485

Příloha 3

Podrobný rozpis naměřených hodnot

Nikola 160	Polar 235	Polar 280	Polar 280	Sandy S 150	Domena T150	Domena MP150
108	126	131	131	136	145	147
98	122	128	130	132	131	145
70	65	65	65	70	65	65
22	25	25	25	25	35	35
0.85	0.95	1.15	0.51	0.5	0.65	0.55
1	0.95	1.2	0.55	0.5	0.75	0.7
1.08	0.95	1.2	0.54	0.6	0.8	0.65
1.1	0.95	0.95	0.72	0.6	0.7	0.7
1.04	1	1	0.65	0.55	0.7	0.65
1.1	1	0.95	0.63	0.55	0.75	0.6
1.05	0.9	1.25	0.85	0.55	0.8	0.65
0.98	1	1.2	0.68	0.6	0.8	0.8
1.1	0.95	1.15	0.75	0.65	0.75	0.85
1	0.95	1.15	0.7	0.6	0.8	0.8
1.03	0.96	1.12	0.658	0.57	0.75	0.695
0.3	0.65	0.55	0.6	0.3	0.25	0.2
0.3	0.7	0.61	0.62	0.34	0.25	0.25
0.33	0.65	0.61	0.55	0.35	0.25	0.25
0.35	0.65	0.52	0.55	0.33	0.25	0.23
0.37	0.65	0.5	0.6	0.35	0.3	0.3
0.45	0.7	0.68	0.65	0.3	0.3	0.3
0.4	0.63	0.69	0.65	0.4	0.3	0.25
0.41	0.65	0.7	0.55	0.3	0.25	0.3
0.53	0.63	0.65	0.55	0.36	0.3	0.2
0.5	0.8	0.69	0.55	0.32	0.3	0.25
0.394	0.671	0.62	0.587	0.335	0.275	0.253

Příloha 3

Podrobný rozpis naměřených hodnot

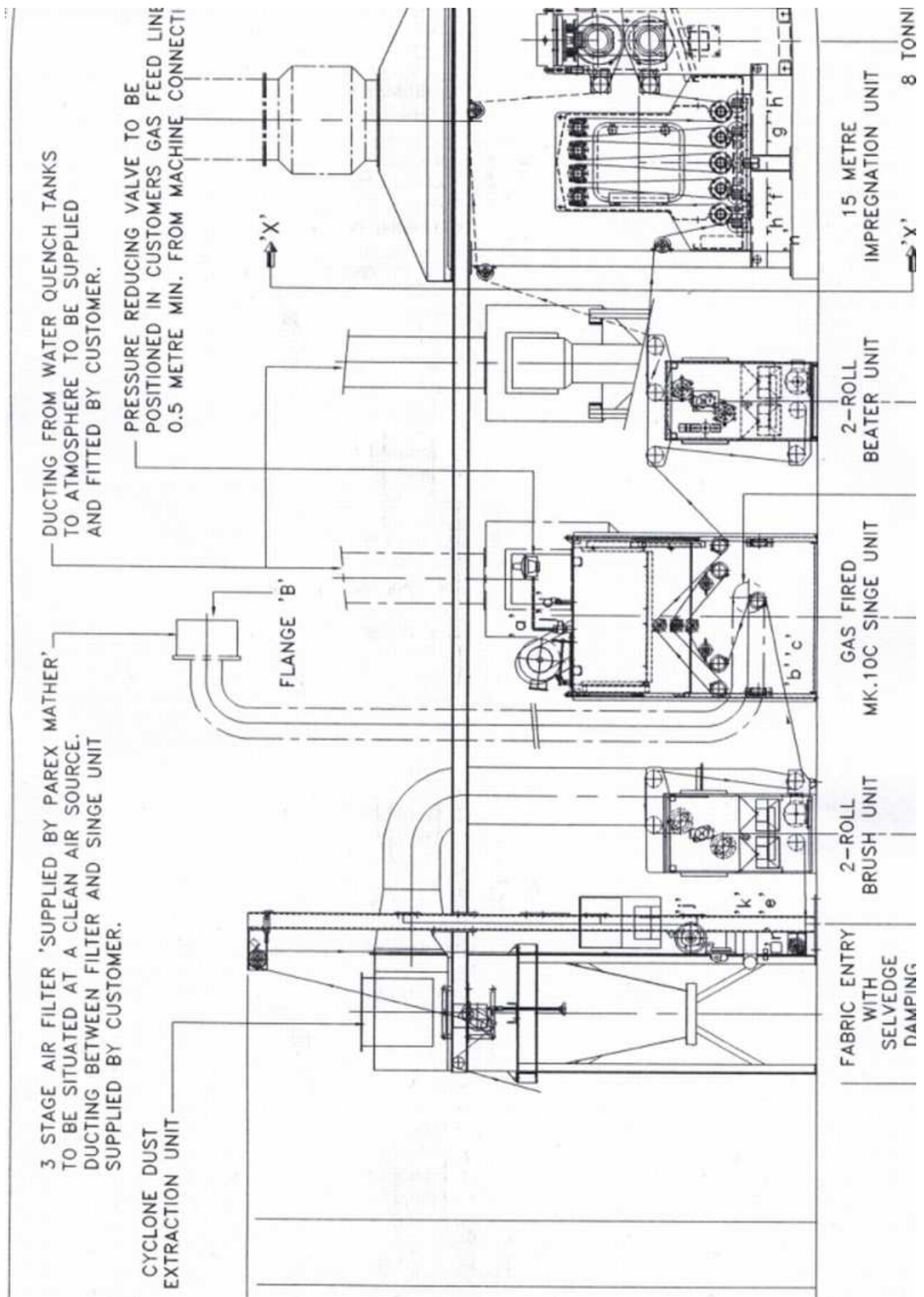
Domena 280	Domena T150	Domena 140	Domestino 240	Vanda T150	Feiner 150	Feiner 150
148	149	150	158	172	175	175
144	146	144	149	118	172	165
70	70	85	70	70	70	65
35	35	35	30	25	35	35
0.62	0.7	0.5	0.9	1	0.7	0.35
0.65	0.65	0.55	0.95	0.95	0.7	0.4
0.7	0.65	0.53	1	0.95	0.85	0.45
0.63	0.75	0.55	1	0.93	0.8	0.45
0.65	0.72	0.65	0.95	1.15	0.67	0.45
0.6	0.7	0.62	1	1.2	0.68	0.4
0.62	0.72	0.65	0.95	1.12	0.7	0.45
0.65	0.72	0.61	0.95	1.12	0.8	0.4
0.62	0.63	0.65	1.05	1.15	0.72	0.45
0.6	0.6	0.79	1	1	0.83	0.4
0.634	0.684	0.61	0.975	1.057	0.745	0.42
0.21	0.25	0.25	0.25	0.21	0.2	0.2
0.2	0.25	0.25	0.36	0.32	0.2	0.25
0.32	0.3	0.2	0.4	0.23	0.22	0.25
0.33	0.3	0.2	0.38	0.25	0.22	0.15
0.33	0.3	0.2	0.4	0.25	0.25	0.2
0.24	0.4	0.3	0.31	0.25	0.25	0.25
0.22	0.35	0.35	0.34	0.31	0.2	0.2
0.21	0.3	0.3	0.35	0.35	0.2	0.2
0.2	0.45	0.4	0.33	0.29	0.2	0.3
0.25	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.25
0.251	0.33	0.285	0.352	0.276	0.214	0.225

Příloha 4

Znaménková tabulka

odhad efektu	kombinace							
	(1)	a	b	ab	c	ac	bc	abc
Z_A	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Z_B	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1
Z_{AB}	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
Z_C	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1
Z_{AC}	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
Z_{BC}	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
Z_{ABC}	-1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1

Výkres všeobecného uspořádání



Příloha 5

Výkres všeobecného uspořádání

